

**VALIDACIÓN DE UN INSTRUMENTO PARA IDENTIFICAR LAS
HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN 4.0 EN PYMES DE LA CIUDAD
DE BOGOTÁ**

PRESENTADO POR:

DIANA PAOLA PEÑA REYES

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TITULO
DE INGENIERA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTA, D.C.
2019.

**VALIDACIÓN DE UN INSTRUMENTO PARA IDENTIFICAR LAS
HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN 4.0 EN PYMES DE LA CIUDAD
DE BOGOTÁ**

PRESENTADO POR:

DIANA PAOLA PEÑA REYES

DIRECTOR

RUBEN DARIO BUITRAGO PULIDO

Doctorando en tecnología educativa. Magister en tecnologías de la información aplicadas a la educación. Especialista en gerencia de mantenimiento. Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTA, D.C.
2019.

Agradecimientos

Realizar una tesis de grado para muchas personas significa el cierre de un ciclo y optar por un título, en mi caso es el inicio de nuevas experiencias y conocimientos, los cuales sin duda alguna adquiriré realizando este proyecto, aprendí infinidad de cosas y términos que estoy segura me han dado un camino a seguir en mis futuros proyectos tanto personales, como laborales.

Agradecimiento tengo con la vida por poder conocer y aprender de un tema tan novedoso como lo es Industria 4.0, le agradezco a mi director por guiarme y enseñarme muchas cosas, cosas que sé que a futuro serán muy útiles.

Gracias a mi esposo quien me apoyo durante toda mi carrera y siempre me ha dado ejemplo de perseverancia y compromiso.

Por último, a la universidad por el conocimiento brindado y la oportunidad de dejar una tesis para los próximos alumnos que ingresen al Semillero IRAPI, dejó tela de donde cortar por lo tanto Gracias.

Diana Peña

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	TITULO DEL PROYECTO	4
3.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
	3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
4.	OBJETIVOS	9
	4.1 GENERAL	9
	4.2 ESPECIFICOS	9
5.	DELIMITACIÓN.....	10
6.	JUSTIFICACIÓN	11
7.	MARCO REFERENCIAL	14
7.1	MARCO TÉORICO	14
	7.1.1 Industria 4.0	14
	7.1.2 Pilares Industria 4.0.....	20
	7.1.2.1 Big data	21
	7.1.2.2 Robots autónomos.....	22
	7.1.2.3 Simulación	23
	7.1.2.4 Integración horizontal y vertical	23
	7.1.2.5 Internet de las Cosas (IOT)	24
	7.1.2.6 Ciberseguridad	26
	7.1.2.7 La nube (Cloud Computing)	28
	7.1.2.8 Fabricación aditiva.....	29
	7.1.2.9 Realidad Aumentada	30
	7.1.3 Países europeos y su adaptación en la industria 4.0:.....	31
	7.1.4 Perspectiva Tecnología, social y económica.....	32
	7.1.5 Especialización Inteligente.....	36

7.1.6 Casos de éxito en Bogotá.....	37
7.2 ESTADO DEL ARTE.....	41
8. TIPO INVESTIGACIÓN.....	45
9. METODOLOGÍA.....	46
10. FUENTES.....	53
11. RESULTADOS.....	54
11.1 TEMAGUIDE.....	58
11.2 INSTRUMENTO.....	60
11.3 VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	70
11.3.1 Juicio De Expertos.....	70
11.3.1.1 Fase 1 Definición.....	71
11.3.1.2 Fase 2 Creación de grupos informantes.....	71
11.3.1.3 Fase 3 Ejecución de las rondas de consulta.....	72
11.3.1.4 Fase 4. Resultados:.....	73
11.3.1.5 Modificaciones al instrumento después de la sesión de expertos.....	74
11.3.2 Encuestas para evaluar el contenido y la utilidad del instrumento diseñado. ...	75
11.3.2.1.1 Participantes.....	75
11.3.3 Validez de constructo.....	77
11.3.3.1 Análisis de Cronbach (Fiabilidad).....	77
11.3.3.2 Análisis Correlaciones y factorización de componentes principales (Varimax).....	78
12. CONCLUSIONES.....	87
13. RECOMENDACIONES.....	89
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
15. ANEXOS.....	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Factores claves para el auge de industria 4.0.....	32
Tabla 2 Beneficios de implementar industria 4.0 en una pyme	35
Tabla 3 Bases de datos utilizadas para el proyecto	48
Tabla 4 Metodología del proyecto	51
Tabla 5 Resultados de las palabras iniciales utilizadas en la búsqueda en las bases de datos escogidas	54
Tabla 6 Listado de palabras a utilizar con operadores boléanos en las bases de datos	55
Tabla 7 Escala de valoración preguntas 1 y 3 instrumento	62
Tabla 8 Escala de valoración pregunta 2 instrumento	63
Tabla 9 Actividades Económicas encuestados.....	76
Tabla 10 Estadísticas de fiabilidad.....	77
Tabla 11 Método de extracción: análisis de componentes principales	79
Tabla 12 Método de extracción: análisis de componentes principales.	81
Tabla 13 Nombres de los componentes creados y su relación.....	84
Tabla 14 Prueba de KMO y Bartlett	85

LISTA ILUSTRACIONES

Ilustración 1 evolución del valor añadido en el mundo	32
Ilustración 2 Modelo conceptual de elementos clave de la innovación tecnológica.....	58
Ilustración 3 Fases del proceso Delphi.....	71

LISTA ANEXOS

Anexo A. ENCUESTA FINAL	101
Anexo B. DEFINICIONES ÍTEMS ENCUESTA PREGUNTA 2 COMO MANUAL PARA EL ENTREVISTADOR.	107
Anexo C OBSERVACIONES FÍSICAS DE UN EXPERTO	111
Anexo D. OBSERVACIONES EXPERTOS.....	115
Anexo E CONSULTAS Y CÁMARAS DE COMERCIO DE EMPRESAS ENCUESTADAS.....	117

RESUMEN

¿Por qué implementar nuevas tecnologías en pymes?, esta es una de las grandes preguntas que se realiza hoy el mundo, gracias a la cuarta revolución industrial que se encuentra en pleno auge de crecimiento; es por ello que se debe estudiar a fondo como implementarla y entender el contexto principal de sus virtudes y porque en el resto del mundo ha sido usada para mejorar la productividad, recursos y obtener ganancias, no solo de tipo monetarias, sino también en calidad de productos, satisfacción de cliente, entre otros.

El objetivo de este proyecto tiene como base validar un instrumento que permita identificar las herramientas de producción 4.0 en pymes de la ciudad de Bogotá. Para ello se ha utilizado metodologías como investigación aplicada, explicativa y descriptiva, se consultan fuentes primarias y secundarias a través de actividades que van enfocadas a cumplir los objetivos planteados, se utilizan escalas tipo Likert, al igual que análisis de fiabilidad, juicios de expertos, análisis de Correlaciones y factorización de componentes principales (Varimax).

En este proyecto se diseñó un instrumento de validación que permite a los futuros investigadores aplicarlo a las pymes de Bogotá, esto con el fin de identificar las dificultades que poseen al momento de implementar industria 4.0 y su aplicación en la actualidad. Como resultado final, se ha obtenido un instrumento simplificado, consistente y fiable.

1. INTRODUCCIÓN

Industria 4.0 se considera una nueva etapa industrial, en la que los procesos de fabricación verticales y horizontales con integración y conectividad de productos, pueden ayudar a las empresas a lograr un mayor rendimiento industrial. Sin embargo, poco se sabe acerca de cómo las industrias ven la contribución potencial de la industria 4.0 y las tecnologías relacionadas para el rendimiento industrial, especialmente en los países emergentes (Dalenogare, Benitez, Ayala, & Frank, 2018a); por lo tanto dado el avance arrollador a nivel mundial de la llamada cuarta revolución, se hace necesario cambiar la cosmovisión de esta realidad para lograr dimensionar como se obtienen cambios sustantivos que mejoran la vida de las personas y las industrias.

Se debe crear en la ciudad de Bogotá conocimiento que permita entender lo importante que es evolucionar en el mercado, ligado a todas aquellas tecnologías que emergen; dado a que la realidad de las pymes a nivel mundial denota un gran desconocimiento y en muchos casos bajo interés.

Dado lo anterior, se decide crear un instrumento que permita identificar las herramientas de producción 4.0 en pymes de la ciudad de Bogotá, por lo tanto, en el primer capítulo de este proyecto se plantea la problemática de las pymes de Bogotá, enfocada en tres factores fundamentales que impactan las Pymes Colombianas como son la infraestructura e informalidad, financiamiento, y capital humano, al ver estas problemáticas, surge la

necesidad de entender por qué las pymes de Bogotá están tan desconectadas de la INDUSTRIA 4.0, por que le han dado la espalda a esta realidad, para entender el contexto de estas problemáticas y las bases para diseñar el instrumento en el segundo capítulo se encuentran los objetivos planteados, aquellos que buscan establecer el marco conceptual alrededor de la Industria 4.0 y la especialización inteligente, logrando delimitar las fases que los componen, encontrado los 9 pilares y sus diferentes aplicaciones, permitiendo así diseñar un instrumento de recolección de información que permitirá evaluar la implementación de tecnologías 4.0 en los procesos productivos en Pymes de la ciudad de Bogotá.

En el tercer capítulo se encuentra la delimitación del proyecto, el cual se enfoca y limita a las pymes de Bogotá por Considerarse la aglomeración empresarial más importante del país (Dalenogare, Benitez, Ayala, & Frank, 2018b).

La justificación se encuentra en el cuarto capítulo tomando como focos 5 dimensiones, la económica, capacitación, social, tecnológica y académica, que al unirse forman una base sólida para las pymes de Bogotá, creando conciencia de cambio y transformación digital.

Para el quinto capítulo se encontrará todo el marco referencial de esta investigación abarcando desde la definición de Industria 4.0, sus pilares, casos de éxito y la base sólida para el diseño del instrumento final.

La metodología se basa en los pasos para cumplir el objetivo general, buscando dejar una base clara y detallada, que servirá para futuras investigaciones, dando así una relevancia

importante al proceso realizado, por lo tanto, se utilizan escalas tipo Likert, al igual que análisis de fiabilidad, juicios de expertos análisis de Correlaciones y factorización de componentes principales (Varimax), para determinar la validez y fiabilidad del constructo creada, todo ello ubicado en el capítulo 8.

El conocer de qué forma se extraerá la información requerida para una investigación es de vital importancia, por ende, en el capítulo 9 encontrarán las diferentes fuentes utilizadas como son fuentes primarias, secundarias, Internas, externas entre otros ítem, que dieron una fuente garantizada al proyecto.

Por último, se encuentra las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, con el fin de determinar el paso a seguir después de terminado este proyecto y la base para futuros investigadores.

2. TITULO DEL PROYECTO

VALIDACIÓN DE UN INSTRUMENTO PARA IDENTIFICAR LAS
HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN 4.0 EN PYMES DE LA CIUDAD DE
BOGOTÁ

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Colombia no es ajena a el desconocimiento que poseen las industrias acerca del tema objeto de estudio, y difícilmente su apuesta hacia el desarrollo podrá resolverse con tímidas propuesta productivas alrededor de la tecnología. Aquí cabe resaltar que el 94,7%, un poco más de dos millones y medio de empresas, son Mi Pymes, 3.9% son Pymes y 0,04% son empresas grandes, en donde las pinceladas dadas al boceto de la industria 4.0 son ínfimas. Según el DANE las primeras aportan el 67% del empleo de Colombia y el 30% del PIB (Pérez & Rodríguez, 2004), de las cuales según un estudio realizado por el Foro Económico Mundial, el 88% de las organizaciones aún no entienden las implicaciones de la Industria 4.0 para sus modelos de negocio y sólo el 17% de las compañías a nivel internacional ha decidido abanderar la Industria 4.0, habiendo diseñado ya un plan de transformación estructurado e integral (Buisán & Valdés, 2017).

Adicional al desentendimiento de la industria 4.0 se resaltan 3 factores que se han identificado como los mayores retos a afrontar en una pyme

Financiamiento: “la mitad de las MiPymes del país se quiebra después del primer año y solo 20% sobrevive al tercero, esto debido a que el 75% de las transacciones realizadas por ellas, son hechas usando dinero en efectivo y los avances en tecnología casi no se usan, evitando mejorar la eficiencia en los negocios. La gran mayoría de los pagos en las economías

emergentes usan efectivo, mientras que los pagos digitales son ampliamente utilizados en las economías avanzadas, lo que ocasiona que no les permita llevar un registro contable o un historial crediticio que les dé la oportunidad de acceder fácilmente a financiaciones por parte de los Bancos, ligado a los altos intereses, ocasionando que las pymes prefieran sobrevivir el día a día sin ampliar o innovar”. (El Espectador, 2018)

De estas, 399.659 son sociedades y 340.410 personas naturales (Dinero, 2017), en 2017 se liquidaron 23 mil empresas en su mayoría microempresas dedicadas al comercio (34%), alojamiento y servicios de comida (13%) e industrias manufactureras (10%), los motivos más relevantes de estas liquidaciones fueron por el poco acceso a financiamiento ligado a un cambio constante en el mercado en el cual estas no pudieron reaccionar de forma oportuna (Confecámaras, 2018)

Infraestructura e Informalidad: Generalmente las pymes colombianas no planean su futuro empresarial a más de seis meses, por lo tanto su infraestructura no es la más adecuada, adicional a ello actualmente en Colombia existe medio millón de Pymes inmersas en la informalidad y poseen malas prácticas; según CONPES el “53.5% no pagan impuestos, el 42,2% no llevan registros contables y el 45% no tienen registro mercantil (Empresarial, 2009), lo que ocasiona atraso en el país, según un estudio del Banco Mundial citado por Anif”, los países con más desarrollo tienen menor inflación, nivel educativo más alto, cuentan también con una gran número de pymes, pues éstas crecen cuando los países crecen (El Tiempo, 2004),

Según el Global Cities Index 2017, Bogotá se puede consolidar como una de las ciudades emergentes con mayor potencial de desarrollo, si se concentra en el mejoramiento de la infraestructura y legalidad de los negocios emergentes aprovechando la industria 4.0. (de Bogotá, 2005)

Capital Humano: Bogotá es la sexta ciudad en población en América Latina, cuenta con 8 millones de habitantes, es decir, el 17% de la población total del país. El 30% de la población está entre 15 y 29 años, y se estima que en la próxima década tendrá más de 10 millones de habitantes y se convertirá en la primera megaciudad (Confecámaras, 2018), El 70% de los empleos en Bogotá son originados por pymes (Cantillo, 2011).

Sin embargo, algunas pequeñas y medianas empresas todavía tienen una concepción funcionalista y reduccionista de la gestión humana, por cuanto consideran que, al cumplir con responsabilidades básicas del área, como por ejemplo pagar cumplidamente o realizar programas de bienestar asistencial, se está contribuyendo a la competitividad de la empresa (Urbano et al., 2008).

Como consecuencia de esta concepción reducida, las Pymes no llegan a ser competitivas, porque se preocupan sólo por un oficio operativo, pero no tienen una visión a largo plazo que permita proyectar la empresa hacia un cambio organizacional que haga de ellas compañías eficientes y generadoras de valor (Urbano et al., 2008).

3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Identificados inicialmente los 3 factores más relevantes en una pyme colombiana para implementar herramientas de industria 4.0 (financiamiento, infraestructura e informalidad y capital humano), surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo validar un instrumento que identifique las herramientas de producción 4.0 en pymes de la ciudad de Bogotá?

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Validar un instrumento para identificar las herramientas de producción 4.0 en pymes de la ciudad de Bogotá

4.2 ESPECIFICOS

- Establecer el marco conceptual alrededor de la Industria 4.0 y la especialización inteligente con el fin de delimitar las fases que los componen.
- Diseñar un instrumento de recolección de información que permitirá evaluar la implementación de tecnologías 4.0 en los procesos productivos en PyMEs de la ciudad de Bogotá.
- Aplicar pruebas de validez y fiabilidad al instrumento.

5. DELIMITACIÓN

Se determina trabajar en Bogotá al “consolidarse como la aglomeración empresarial más importante del país: tiene el mayor número de empresas de Colombia (29%). Así mismo, en la Región que conforma con Cundinamarca, el 88% de las empresas se localizan en Bogotá. Este comportamiento es similar en la inversión empresarial, en Bogotá, donde se concentra el 98% del valor de los activos empresariales y el 12% en Cundinamarca. Predominan las microempresas (88%) y las pequeñas (9%). Bogotá es la más atractiva para las medianas (2%) y las grandes empresas (1%), a tal punto que en la ciudad se encuentra el mayor número de medianas (10.470, el 48%) y grandes empresas (3.550, el 50%) del país” (Confecamaras, 2017).

La duración de este proyecto es de 9 meses divididos en tres etapas:

- Etapa 1: Se procederá a la búsqueda de información calificada y antecedentes en la temática que permitan visualizar y comprender el estado del arte de la materia objeto de estudio y los distintos abordajes metodológicos a nivel mundial. Esta etapa se desarrollará en un plazo de 3 meses.
- Etapa 2: Se diseñará un instrumento que permitirá identificar y validar las herramientas de producción 4.0 en pymes de la ciudad de Bogotá. Duración 3 meses.
- Etapa 3: En la última etapa de este proyecto se realizarán las respectivas pruebas de validez y fiabilidad al instrumento. Duración 3 meses.

6. JUSTIFICACIÓN

Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial apareció por primera vez en la Feria de Hannover en 2011. Proviene de la estrategia de alta tecnología del gobierno federal alemán que promueve la automatización y la informatización de la industria. La estrategia consiste en ajustar la producción industrial para completar la automatización inteligente, lo que significa la introducción del método de automatización, el método de autoconfiguración, el autodiagnóstico, la eliminación de problemas, el conocimiento y la toma de decisiones inteligentes. Las figuras centrales son robots industriales, así como robots de servicio. Su aplicación en todos los procesos de producción. con el apoyo de la tecnología de la información, dará lugar a la "automatización inteligente" y "fábricas inteligentes" (Dalenogare et al., 2018b).

Por lo tanto, se hace totalmente necesario evaluar el contexto de la cuarta revolución, conocer a fondo su marco conceptual, identificando las fortalezas que posee, su implementación con una visión mundial, extrayendo la metodología utilizada, su porcentaje de éxito.

Desde esta perspectiva, este proyecto se justifica en las dimensiones que a continuación se relacionan:

En la dimensión económica, este proyecto adquiere relevancia porque transfiere conocimiento, para que las pymes en un contexto nacional adquieran bases para la

implementación de herramientas de producción 4.0, lo cual conduce a la mejora de sus ingresos.

En segundo lugar, otro factor que potencia el desarrollo de este proyecto está asociado con la capacitación, dado que la divulgación de los resultados permitirá identificar metodologías y estrategias de implementación en herramientas de producción 4.0, aportando a la generación de conocimiento y cultura de innovación.

Desde la dimensión social, el abordaje de esta investigación contribuye a la generación de diálogos en diferentes contextos conducentes a la evaluación de alternativas que propendan por mejorar la competitividad y productividad de las Pymes colombianas, así como la reflexión alrededor de la generación de empleos que sean producto de la implementación de herramientas de producción 4.0.

Continuando con los factores que destacan la pertinencia de esta investigación, es necesario hacer hincapié en la dimensión tecnológica, puesto que el avance en la implementación de herramientas de producción 4.0, se considera una nueva etapa en la que la integración de procesos de fabricación vertical y horizontal y la conectividad del producto pueden ayudar a las empresas a lograr un mayor rendimiento industrial (Dalenogare et al., 2018a).

Finalmente, en la dimensión académica, el desarrollo de esta investigación permite ampliar la base de conocimiento existente sobre la implementación de la industria 4.0 en Colombia, invitando al desarrollo de productos al interior de grupos interdisciplinarios de investigación,

así como el direccionamiento de la política de educación con el fin de contar con el talento humano preparado para enfrentar los retos de estas tecnologías disruptivas.

7. MARCO REFERENCIAL

7.1 MARCO TÉORICO

7.1.1 Industria 4.0

Algunos académicos y profesionales han considerado cuatro cambios principales en la industria a lo largo de la historia, la Industria 4.0 es la última y es considerada una transformación continua de la industria (Dalenogare et al., 2018b). La máquina de vapor, definió la primera revolución de la industria; el segundo fue la utilización de la electricidad en los procesos industriales; la tercera revolución comenzó en la década de 1960 con el uso de las TIC y la automatización industrial. Actualmente, la cuarta revolución industrial, o Industria 4.0 definidas por nuevas tecnologías emergentes (Telukdarie, Buhulaiga, Bag, Gupta, & Luo, 2018).

El término Industria 4.0 fue definido por los investigadores alemanes Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas y Wolfgang Wahlster como un cambio de paradigma para mantener la competitividad futura de la economía alemana, este concepto de Industria 4.0 se introdujo en Alemania alrededor de 2011, convirtiéndose rápidamente en una inventiva estratégica de Alemania como se enumera en el "Plan de acción de la estrategia de alta tecnología 2010". La industria 4.0 abarca tres paradigmas; que son integración horizontal (a través de redes de valor), vertical y digital de extremo a extremo (Telukdarie et al., 2018).

Por tanto, una revolución industrial siempre estará acompañada de puntos de transformación, inflexiones y evoluciones, INDUSTRIA 4.0 no es la excepción, desde su nacimiento ha ido evolucionando, ha tenido un desarrollo y crecimiento amplio, pero por si sola no significa un cambio disruptivo en la industria, lo que la ha hecho grande es el tener como base las tres revoluciones pasadas, sobre todo en la tercera revolución industrial donde nacen las tecnologías de la información y comunicación (TIC), la aparición de sensores, computadores, tablets entre otros tantos productos que permitieron automatizar muchas de las tareas que se realizaban por humanos. Ha permitido con el paso de los años cambiar la perspectiva de la mente empujando cada vez más a producir con calidad y de forma rápida, lo que ha llevado a obtener gigantescos descubrimientos tecnológicos y ahorros en tiempos de producción.

Actualmente su concepto ha evolucionado de “transformación digital” a industria integrada, convirtiéndose en un puente entre lo físico y lo virtual, conectando objetos, personas, y sistemas, funcionando como una comunidad, dando nacimiento a los sistemas Ciberfísicos” (Sáenz, 2016). Toca puntos claves en la cadena de valor, coloca en el centro al cliente, vuelve sostenibles y eficientes los recursos, convirtiendo estos dos puntos como no negociables en la industria.

En consecuencia, a lo anterior, industria 4.0 considera la integración de varias dimensiones diferentes del negocio, con una preocupación principal sobre los problemas de fabricación, basada en tecnologías de fabricación avanzadas. En tal sentido, la Industria 4.0 puede entenderse como resultado de la creciente digitalización de las empresas, especialmente en relación con los procesos de fabricación (Dalenogare, Benitez, Ayala, & Frank, 2018c).

Por ello, hoy se define que industria 4.0 apunta a conectar recursos, servicios y personas en tiempo real a lo largo de la producción sobre la base de los Sistemas Cibernéticos (CPS) y la Internet de las Cosas (IoT). Los componentes físicos se complementan con sensores, actuadores y software integrado, que les brinda la capacidad de procesar y comunicar datos.

La red continua de todas las entidades y subsistemas en un sistema de fabricación da como resultado el CPS. Este sistema conecta el mundo digital y el físico. Por lo tanto, los rígidos conceptos de automatización de la tercera revolución industrial se superarán en tiempos de complejidad creciente y nuevos requisitos de flexibilidad (IMDECA, 2016).

No es tan fácil adoptarla, su proceso es lento, por ello primero se establece en países desarrollados y se va extendiendo lentamente a países emergentes, es importante resaltar que, aunque se considere lenta depende de la complejidad, la aplicación en pequeñas cosas puede contribuir a grandes cambios en una empresa. El elemento clave que caracteriza esta nueva etapa industrial es el profundo cambio en la conectividad de los sistemas de fabricación debido a la integración de las TIC, IoT y las máquinas en los sistemas cibernéticos (CPS) (Dalenogare et al., 2018c).

Actualmente se escucha hablar mucho sobre diferentes formas de industria 4.0, como son el internet de las cosas (IOT), la nube (cloud), big data entre otros términos que rondan a nivel mundial. Es relevante destacar que este proyecto permite validar el instrumento para obtener

información concluyente sobre la adopción de herramientas de producción 4.0 en pymes de la ciudad de Bogotá.

Por lo tanto, revisando diferentes puntos de vista y literatura, se establecen 9 pilares como base fundamental de la industria 4.0, estos aplican en su totalidad a generar organizaciones más digitales, con fábricas inteligentes, capital humano capacitado, acceder a la información de la compañía en un solo clic, a mejorar la toma de decisiones al contar con una visión 360° de la misma en línea, realiza proyecciones, estadísticas, en fin, un sin número de beneficios que permiten mejorar la competitividad y productividad.

Antes de iniciar a describir cada uno de estos pilares, es importante entender que estos 9 pilares resumen las tres ventajas principales que caracterizan a la Industria 4.0: integración vertical, integración horizontal e ingeniería de extremo a extremo la literatura existente ha sugerido que esta integración lograda por las tecnologías digitales puede promover varios beneficios para la industria. Para operaciones comerciales, la comunicación entre máquinas y productos permite líneas reconfigurables y flexibles para la producción de productos personalizados, incluso para lotes pequeños (Kagermann H, 2014).

Pero estos pilares no funcionan por sí solos, deben tener una estructura sólida y un concepto claro, por ello ver la Industria 4.0 desde una perspectiva socio técnica se hace importante, pero no existe una sola perspectiva según Frank, Ribeiro y Echevesle (Dalenogare et al., 2018c), personajes influyentes en este campo indican que existen tres perspectivas sicotécnicas que son:

- I. Organización del trabajo: Las nuevas tecnologías deben repensar cómo funcionará la organización, es claro que la mano de obra cambiara no solo porque se piense que van a hacer reemplazados, siempre una máquina o sistema digital necesitara un humano para funcionar, lo que se debe replantear la organización es ¿Cómo funcionará?, ¿en que afecta o beneficia el cambio?

- II. Factores humanos: las nuevas tecnologías requieren nuevas competencias y habilidades de los trabajadores, entonces las preguntas serán ¿Qué personal necesita? ¿reemplaza el actual o lo capacita?

- III. Entorno externo: la adopción de nuevas tecnologías depende de la madurez en la que se implementan. En el mundo grandes compañías han implementado la industria 4.0 generando beneficios enormes, ahora bien, se debe extrapolar y revisar si esas mismas tecnologías y metodologías funcionarán y serán efectivas en Pymes de Bogotá.

Industria 4.0 ha tenido un éxito rotundo en países desarrollados que tenían y que tiene muy bien definidas las TIC, sin embargo, esto se convierte en un gran reto en países emergentes por su lentitud en la implementación de estas y en la aprobación de leyes que las reglamenten y las pongan a disposición de todos.

Un ejemplo de lo anterior es Lego, con este ejemplo se puede mostrar cómo las empresas que surgen entorno a la economía digital obligan a las demás a reinventarse y adaptarse al nuevo entorno y Lego supero a su rival Mattel, llevan años lanzando videojuegos y tiene un nutrido catálogo disponible para todas las consolas del mercado. También ofrece aplicaciones que ayudan a complementar la experiencia de los usuarios con los productos físicos. Ha evolucionado hacia productos digitales. Aprovecha nuevos canales. Han creado series animadas basadas en sus personajes, que en plataformas como YouTube han multiplicado sus audiencias llegando a todo el mundo. Hacia la personalización mediante las TIC. LEGO Ideas es una plataforma para que los usuarios expongan sus creaciones con LEGO, las sometan a votación por parte de la comunidad y luego puedan ser convertidas en productos reales (Chesbrough, 2011).

Dado lo anterior es clave contextualizar y capacitar a todas las personas en automatización y tecnología, al igual que a cada uno de los sectores industriales existentes.

Si se toma como referencia la ley Moore (Kish, 2010), se observa que las nuevas tecnologías y la digitalización han creado una aceleración muy rápida en el ritmo del cambio. Esto ya lo predijo el ingeniero Gordon Moore, cofundador de Intel, en 1965, quien afirmó, basándose en sus observaciones, que el número de transistores de un microprocesador se duplicaría cada año.

Explicado de manera más simple, la Ley de Moore intentó (y acertó) al predecir la evolución de los procesadores. A medida que los componentes crecen en desempeño se vuelven exponencialmente más económicos de producir y por lo tanto más abundantes.

En el año 2005, el propio Gordon Moore afirmó en una entrevista que su enunciado tendría validez durante unos 10 ó 15 años más; por tanto, podría tocar techo entre 2015 y 2020.

La ley de Moore es uno de los pilares para entender el rápido desarrollo de la tecnología durante los últimos 50 años (Merino, 2015).

7.1.2 Pilares Industria 4.0

La industria 4.0 abarca diferentes tecnologías que nacen, se desarrollan y masifican usando internet, teniendo como primicia que no necesitan de él para funcionar, por ello y teniendo en cuenta que el instrumento diseñado será aplicado a diferentes individuos de pymes de Bogotá, es implícito entender que para cada persona de la cadena de valor significa diferentes cosas, ejemplo de ello es que para los empleados implica un cambio en el trabajo que desarrollan, para los empresarios una inversión para mejorar procesos y para el cliente final una personalización en los productos y servicios.

Es vital conocer y entender los pilares que en la actualidad conforman la industria 4.0, esto con el fin de que, al aplicar el instrumento diseñado, se pueda orientar y apoyar a la persona encuestada.

7.1.2.1 Big data

Pueden encontrarse muchas definiciones, Big data se puede resumir como “la colección, gestión y análisis a alta velocidad de grandes, dinámicos y heterogéneos volúmenes de datos generados por usuarios y máquinas, y que, debido a su tamaño y complejidad, superan las capacidades de procesamiento de las herramientas de software tradicionales, por lo que requieren de innovadoras técnicas para su procesamiento y tratamiento” (Sáenz, 2016).

Una segunda definición desde el ámbito de sistemas y bases de datos es la de Gartner, de aproximadamente 2001 (y que continúa siendo la definición de referencia): “Big data son datos que contienen una mayor variedad y que se presentan en volúmenes crecientes y a una velocidad superior. Esto se conoce como "las tres V", el volumen, debido a la múltiple información que se maneja actualmente, la cual llega de millones de dispositivos y aplicaciones (TIC, teléfonos inteligentes, códigos de productos, redes sociales, sensores, registros, etc.) (Barranco Fragoso, 2012),

La velocidad, los datos se generan de forma rápida y deben procesarse rápidamente para extraer información útil y conocimientos relevantes. Por último, la variedad Big Data se genera a partir de varias fuentes distribuidas y en múltiples formatos (por ejemplo, videos, documentos, comentarios, registros). Los grandes conjuntos de datos consisten en datos estructurados y no estructurados, públicos o privados, locales o distantes, compartidos o confidenciales, completos o incompletos, etc. Por lo tanto, la velocidad es el ritmo con que

se reciben los datos y es indispensable que sean tratados de forma oportuna y en tiempo real (Oussous, Benjelloun, Ait Lahcen, & Belfkih, 2018)

La variedad hace referencia a los tipos de datos disponibles. Anteriormente los datos eran estructurados y se organizaban claramente en una base de datos relacional. Con el avance de la tecnología y el nacimiento del big

7.1.2.2 Robots autónomos

Son robots con “sistemas cada vez más autónomos, flexibles y capaces de trabajar de forma cooperativa. Se busca la interacción entre sistemas robóticos para trabajar de forma segura al lado de seres humanos, e incluso, aprender de ellos. El precio de estos robots se está reduciendo y abarcan nuevas capacidades aplicables en los entornos fabriles. Estos robots se conectan de manera que puedan trabajar juntos y automáticamente coordinar sus acciones en la línea de producción. Equipados con sensores y unidades de control de alta prestaciones permiten una estrecha colaboración con las personas que participan el proceso productivo” (Sachon, 2018).

Los robots autónomos tienen gran relevancia en la industria 4.0 ya que su objetivo es recrear acciones cotidianas del ser humano, en algunos campos se podría decir que se está evolucionando como lo son los fanuc, brazos robóticos que hoy en día se usan en la mayoría de empresas de industria, un ejemplo es la empresa Toyota o Yamaha.

7.1.2.3 Simulación

Desde una perspectiva de ingeniería, las simulaciones son técnicas que permiten hallar soluciones rápidas, cuando analíticamente no es posible, permitiendo experimentar a través de un ordenador lo que sucedería si se realizara determinada acción, sin tener consecuencias en la realidad, permitiendo realizar ajustes aun método.

Permite detectar errores de diseño, se aprovechan los datos recolectados en el ambiente virtual y/o físico diseñado, creando una situación de la vida real, donde se tienen en cuenta situaciones como el clima, aire, animales, maquinarias, carros, personas, permitiendo probar con anticipación eventualidades y de esta manera analizar y saber cómo reaccionar si la situación se diera en un ambiente real (García, 2018)

7.1.2.4 Integración horizontal y vertical

Los procesos de integración horizontal permiten entender la estructura de mercado. En la definición convencional, “la integración vertical ocurre cuando una empresa produce sus propios factores de producción o posee su canal de distribución. En esta definición también deben incluirse la tecnología, entendida como el conjunto de instrucciones que permiten la producción de bienes y servicios. Este proceso puede ser upstream, es decir, en fases anteriores o downstream fases posteriores a su principal actividad productiva y las realiza con el fin de mejorar la eficiencia productiva para reducir los costos de producción y de coordinación” (Isaza, 2016).

La integración vertical permite digitalizar los datos de la actividad de un tercero (por ejemplo: transporte del producto), al contrario de la horizontal, esta permite entender la digitalización, asociación del producto con el cliente final.

Dado lo anterior para alcanzar los objetivos de la industria 4.0 esperados, se deben considerar estas dos líneas (horizontal y vertical) como parte de la estrategia de toda empresa, la integración horizontal permite que a mayor intercambio de información entre los integrantes de la cadena de valor se agilicen los procesos, se mejoren los controles de calidad y la empresa pueda adaptarse de forma más ágil a los cambios en las demandas del mercado, acompañada de la mano de la integración vertical dentro de la empresa, lo cual permitirá que haga que la información fluya entre los diferentes niveles de la pirámide de automatización.

7.1.2.5 Internet de las Cosas (IOT)

IOT es la interconexión de objetos livianos con internet, lo cual permite el intercambio automático de otros dispositivos o centros de control sin intervención humana capturando información clave, creando así oportunidades únicas para empresas, personas y ciudades. Genera eficiencias operativas al obtener información en tiempo real sobre el estado de los productos y servicios logrando optimizar procesos y mejorar la producción, posee ventajas competitivas, logrando así a nivel general un rompimiento de paradigmas en los negocios, creando nuevas fuentes de ingreso y poder brindar servicios de extremo a extremo (Salazar & Silvestre, 2014).

Se puede resumir en 5 pasos las ventajas que posee en la industria 4.0 el uso de IOT contemplados en la publicación de IEEE Transactions on Industrial Informatics (Xu, He, & Li, 2014):

Automatiza la toma de decisiones y capta información en tiempo real: la sonorización IoT facilita la automatización de operaciones, optimizando los procesos y recursos, proporcionando información de valor en tiempo real y facilitando la toma de decisiones.

Reduce el coste total de propiedad y mejora la innovación empresarial: la implementación del IoT en la nueva industria 4.0 permite el ahorro de costes gracias a la automatización de las cadenas de producción, posibilitando que las máquinas se encarguen de las tareas rutinarias y potenciando la creatividad humana.

Optimiza la utilización de activos generando un mayor rendimiento en los procesos: la integración de estos nuevos avances técnicos permite hacer un uso más eficiente de los activos de la organización propiciando una mejora en el rendimiento de la productividad y mejorando la calidad de los productos finales.

Mejora la calidad de servicio aumentando la ventaja competitiva: la tecnología IoT aplicada a los sistemas productivos de las organizaciones optimiza los procesos industriales, permitiéndoles que sean más ágiles y eficientes y contribuyendo a la mejora de la productividad de las operaciones.

7.1.2.6 Ciberseguridad

Se define como la protección contra robos o daños en el hardware, software y los datos almacenados en los sistemas de TI (J. Huxtablea, 2016), esto basado en que los ataques cibernéticos y las brechas de seguridad tienen efectos secundarios. Los ataques cibernéticos o las violaciones no solo afectan negativamente a la empresa afectada, sino también a los compañeros / rivales de la empresa (Berkman, Jona, Lee, & Soderstrom, 2018).

Si bien las violaciones de datos de baja severidad tienen un efecto negativo en el desempeño de una empresa rival, el efecto es positivo cuando las violaciones de datos son de mayor gravedad. Esto se debe a que, en tales casos, es más probable que los clientes de la empresa violada cambien a una empresa rival (Kashmiri, Nicol, & Hsu, 2017).

En otro contexto se tiene que “según los profesionales en seguridad de ISACA (Information Systems Audit and Control Association) la ciberseguridad se define como una capa de protección para los archivos de información, a partir de ella, se trabaja para evitar todo tipo de amenazas, las cuales ponen en riesgo la información que es procesada, transportada y almacenada en cualquier dispositivo. La ciberseguridad trata de trabajar en robustos sistemas que sean capaces de actuar antes, durante y después, no sirve solo para prevenir, sino también dar confianza a los clientes y al mercado, pudiendo así reducir el riesgo de exposición del usuario y de los sistemas” (Berkman et al., 2018).

Actualmente existen 4 herramientas que permiten a las empresas aumentar la seguridad de la información, dando así confiabilidad a sus clientes, una de estas herramientas es la protección

contra el código malicioso malware, comúnmente se conoce como antivirus, este tipo de seguridad es imprescindible para cualquier organización, sin importar su actividad o tamaño, además es importante ir más allá de sistemas informáticos, puesto de trabajos o servidores, y reunir todos los aspectos que se relacionan con la movilidad. La gran cantidad de distintos tipos de malware y su evolución, se transforman en una de las amenazas más difíciles de lidiar. La segunda herramienta es la protección antifraude o phishing, esta es una de las más importantes, el engaño, se ha convertido en una de las prácticas más usadas en internet, tanto para infectar miles de dispositivos, como para conseguir datos de los usuarios. La tercera herramienta es ser previsivos Estas herramientas constan en conseguir por varios medios la supervivencia de la organización o empresa, después de un inconveniente de seguridad, dentro de esta solución se encuentran, copias de seguridad en la nube o en otros dispositivos, que mantienen a salvo la información de la empresa, la cual es indispensable para poder desempeñar sus funciones. También existen otras soluciones como las herramientas de recuperación de sistemas, la cual permite restaurar un sistema desde un punto desde antes del ataque para perder el menor número posible de datos. Por último, está la protección de comunicaciones, estas soluciones se encargan de proteger a la organización de un grupo de amenazas, como los ataques de denegación de servicios, accesos no autorizados o la interceptación de las comunicaciones. También es importante tener en cuenta que las amenazas no solo pueden partir desde Internet, sino también del interior de las empresas, es por ello que la protección de las comunicaciones es imprescindible cuando existen varias oficinas o sedes en varias partes del mundo, cuando se realizan diariamente a través de internet (Berkman et al., 2018).

7.1.2.7 La nube (Cloud Computing)

Según el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), la computación en la nube es un nuevo modelo de prestación de servicios que permite ofrecer a los usuarios un acceso bajo demanda a través de Internet a servicios dinámicos y escalables que incluyen computación, almacenamiento, red, plataforma, software, etc. La computación en la nube tiene cinco características principales: autoservicio a pedido, acceso amplio a la red, agrupación de recursos, elasticidad rápida, servicio medido. Estas características distinguen a la computación en la nube de otras tecnologías y hacen de este paradigma una solución de negocios atractiva y muy útil para las empresas que pueden observar un crecimiento de beneficios por un corto período de tiempo después de adoptar la computación en la nube (Mezni, Aridhi, & Hadjali, 2018).

La nube o comúnmente llamada Cloud Computing se refiere a la tecnología que permite y facilita el almacenamiento de todos los archivos e información en Internet, sin la necesidad de preocuparse por poseer la capacidad suficiente para alojar dicha información en los computadores. Posee ciertas características que la diferencian de la computación tradicional una de ellas es la escalabilidad y elasticidad: los recursos computacionales no estarán limitados a una capacidad estática. Con esta funcionalidad de las plataformas en la nube los sistemas se adaptarán a la carga a la que están siendo sometidos, por lo que no se agotará el almacenamiento o la capacidad de computación de la aplicación, otra característica muy importante actualmente en las pymes colombianas es la Independencia entre el dispositivo y la ubicación, ya que no son necesarios los equipos ni las tediosas salas de data centers. La

computación en la nube se caracteriza por la puesta a disposición de consolas de administración y múltiples ambientes de trabajo que pueden ser accedidas a través de un dispositivo móvil, o en cualquier computador, independientemente del lugar en el que se encuentre ubicado (Velandia et al., 2018).

7.1.2.8 Fabricación aditiva

La fabricación aditiva, o fabricación por adición, es un nuevo concepto de producción a través del cual el material (plástico o metal) es depositado capa a capa de manera controlada allí donde es necesario. Con esta técnica, que comúnmente se conoce como impresión 3d, se producen formas geométricas personalizadas según las necesidades de cada sector.

Comparada con las técnicas de fabricación tradicionales, esta tecnología reduce procesos intermedios como la producción de utillajes, por lo que permite obtener piezas hasta un 90% más rápido. Es más, al utilizar únicamente el material para la fabricación de la pieza no se generan deshechos, los componentes tienen un coste menor y se produce de manera más sostenible (Jiménez, Porras, Domínguez, Romero, & Espinosa, 2013).

Fabricación aditiva AM - impresión 3D - está evolucionando y actualmente está experimentando su fase de industrialización. Las aplicaciones son múltiples y algunas están comenzando a tener un impacto real en la cadena de suministro. Con el uso de la construcción aditiva capa por capa, AM cambió la forma de diseñar y fabricar piezas. Se planea que las

tecnologías de AM sean el núcleo de la próxima generación de sistemas de producción (Chergui, Hadj-Hamou, & Vignat, 2018).

Según las necesidades de cada sector o componente, la manufactura aditiva puede producirse a partir de diferentes tecnologías. De hecho, la elección de una tecnología u otra dependerá de diversos factores como la funcionalidad que tendrá la pieza producida, o si se desea fabricar a partir de polímeros o aleaciones metálicas.

Las principales tecnologías de la fabricación aditiva son: Fusión de lecho de polvo, Modelado por deposición fundida, Material Jetting (Jiménez et al., 2013).

7.1.2.9 Realidad Aumentada

AR es una experiencia interactiva en tiempo real que combina objetos tridimensionales (3D) reales y virtuales en un solo espacio unificado (Herbert, Ens, Weerasinghe, Billingham, & Wigley, 2018).

La realidad aumentada (RA) se basa en la observación del mundo real aumentado con información adicional generada por un ordenador, y en la interacción que compone la información sintética generada por un computador con imágenes obtenidas del mundo real. Este paradigma está soportado por tres pilares que la caracterizan como otro tipo de mediaciones en la computación ubicua (Azuma et al., 2001). El primero se refiere a la

combinación de objetos reales y virtuales en un entorno real; es decir, que la imagen resultante debe ser el efecto de una captura de la realidad a la que se le superpone, al menos, un objeto virtual. El segundo propone que la combinación ha de realizarse en tiempo real, y, por último, debe alinear y componer objetos virtuales con la realidad en 3D, significando que el resultado puede que sea una imagen bidimensional, pero la alineación y composición de los elementos virtuales deben hacerse con base en un mundo tridimensional (Buitrago Pulido, 2015).

7.1.3 Países europeos y su adaptación en la industria 4.0:

(Roland Berger Strategy Consultants, Siepen, Grassmann, Rinn, & Blanchet, 2015) Informa que Europa, es una de las potencias que en los últimos tiempos se ha unido para implementar Industria 4.0, entendiendo que esta implementación en un sector o país trae ventajas a nivel de desarrollo económico, social y capacitación al personal que lo usa, sin embargo existen factores que de no preverse hacen que las implementaciones en la industria se fracturen, como le ha sucedido. Las dos fracturas que ha tenido se deben a los nuevos países emergentes quienes han adoptado la tecnología con más rapidez y dedicación (BRIC) y el rompimiento de la industria donde varios países no han podido mantener sus niveles; cosas que si se revisa a fondo podrían pasar en Colombia y que se deben estudiar y crear estructuras sólidas y firmes, que permitan tomar como ejemplo los casos de éxito del mundo, pero también aquellos que no y aprender de ello. Esto se puede reflejar en las figuras siguientes:

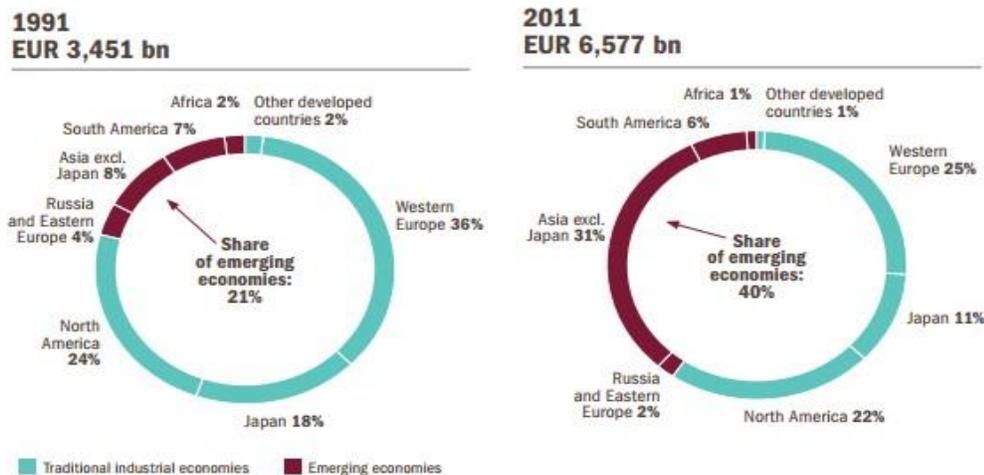


Ilustración 1 evolución del valor añadido en el mundo

Fuente (Roland Berger Strategy Consultants, 2014)

7.1.4 Perspectiva Tecnología, social y económica

Desde la perspectiva de Rolan Berger, en la Tabla 1 se relacionan las acciones que han logrado que la cuarta revolución tenga el auge que posee en estos momentos y el gran éxito en las compañías que lo han implementado.

Tabla 1: Factores claves para el auge de industria 4.0.

ACCIÓN	RESULTADO
Flexibilidad	Ser flexibles significa poder romper paradigmas y lograr que cualquier sistema

de las pymes pueda adaptarse a las tecnologías existentes.

Desarrollos cortos

Es imprescindible que se acorten los tiempos de producción y esto solo se logra con estudios e implementación de alguno de los pilares de industria 4.0, eso lograra que la empresa se vuelva mucho más competitiva y aumentara la satisfacción al cliente final.

Descentralización

Uno de los principales problemas de las pymes es que solo una persona puede tomar la decisión y debe pensarlo constantemente, en otras compañías debe pasar por muchos vistos buenos, esto hace que el proceso se demore más y se pierda la oportunidad de reaccionar a tiempo.

Eficiencia

Es importante generar una optimización en los recursos esto con el fin de nivelar tecnología con sostenibilidad y generar eficiencias importantes para las pymes.

La mayoría de pymes NO SON DIGITALES, suelen tener un cuaderno de

Digitalización

cuentas, o muchos recibos guardados, aun no utilizan datafonos entre otros, por ello la gran cantidad de información que reciben debe ser almacenada de forma concisa, segura y con rapidez para analizar y poder tomar decisiones que beneficien a la pyme.

Actualmente en la industria se ha aumentado la utilización de técnicas que ayuden a la fabricación, producción o logística de un producto, como lo es la automatización de tareas repetitivas, o de robots fanuc que ensamblen productos, o bandas transportadoras, que ha permitido aportar y mejorar los procesos de producción.

Mecanismos y automatización

Esto se debe a que al usar uno o varios de los pilares de industria 4.0 se pueda lograr tener una producción en espacios donde la mano de obra Humana se le dificultaría, o el utilizar grandes máquinas de impresión, un ejemplo de ello la impresión en 3d, reducido

Reducción de espacios

a diseño en un software e impresión en espacios reducidos.

Fuente: (Roland Berger Strategy Consultants et al., 2015) y Autor

Las acciones anteriormente mencionadas conllevan a tener beneficios en una pyme, mejorando las líneas de producción, la toma de decisiones entre otros 4 factores más que se reflejan en la tabla 2.

Tabla 2 Beneficios de implementar industria 4.0 en una pyme

Líneas de producción	Toma de decisiones	Planificación	Crear	Proactividad	Energía y gestión
Para varios procesos se puede personalizar los productos del tamaño del lote de un ejemplo	en la industria 4.0 es viable la toma de decisiones rápida y al mismo tiempo acertada, a su vez	la eficiencia de los recursos o a nivel energético permite optimizar procesos de igual manera.	lo bueno de la industria es que siempre surgen nuevas oportunidades incluso de innovación, un claro ejemplo de esto el servicio que	con el manejo de datos se hace necesario realizar mantenimientos para filtrar fallos.	Los contadores inteligentes brindan una mejora y pueden utilizarse para medir el tiempo real y el consumo

COM(2010) 553 son en esencia, “el tratar de poner mayor énfasis en la innovación y en concentrar los escasos recursos humanos y financieros de I+D+i en unas pocas áreas competitivas globalmente” (p. 41). Así, frente a planteamientos como los de Gill (2010 y 2011) o el informe World Development Report 2009, que plantean que con objeto de favorecer el desarrollo y disminuir las diferencias interterritoriales las políticas deben ser neutrales desde el punto de vista territorial (spatially blind)” (Arancegui et al., 2012).

Dado lo anterior se hace necesario tener claro el proceso en el cual se establezcan las estrategias de especialización inteligente, como lo indica Foray impulsador de este término, el éxito es el descubrimiento de las actividades en las cuales un territorio debe especializarse, el cual siempre debe ser enfocado a procesos emprendedores, donde se pueda acceder y establecer de forma equitativa y no uno en el que los gobiernos escojan burocráticamente áreas de especialización.. (Arancegui et al., 2012).

7.1.6 Casos de éxito en Bogotá

Es relevante identificar empresas en la ciudad de Bogotá que han implementado industria 4.0, para tomar como referencia las metodologías y técnicas utilizadas, esto con el fin de aportar al macro proyecto análisis del abordaje de herramientas de Industria 4.0 en pymes de Bogotá, al cual pertenece esta investigación.

Después de revisada la literatura se encuentran los siguientes ejemplos;

Big data: El primer caso de aplicación se encuentra en el pilar Big data, la Secretaría de Movilidad de Bogotá (SDM) realizó una alianza público-privada con la empresa Tappsi con el fin de desarrollar una estrategia para mejorar la movilidad en Bogotá, enfocado en el sector de transporte, buscando mejorar la movilidad de la ciudad, Tappsi brindó las bases de datos de los viajes realizados por sus usuarios durante un mes y medio, lo cual permitió identificar patrones de tráfico en las vías, puntos clave de origen y destino y rutas de transporte. El logro más grande de esta aplicación fue encontrar un escenario atípico enfocado en el comportamiento de la jornada del día sin carro el día 4 de febrero de 2016. Este ejercicio permitió la recolección y posterior clasificación y análisis de 12.000 vehículos flotantes al mismo tiempo (González M, 2018).

El segundo caso es el aplicado por Ministerio de Hacienda junto con el DANE (DNP), en su estrategia de planeación, con el objetivo de Analiza la frecuencia de términos de búsqueda para inferir en una actividad económica de ciertos sectores, con el apoyo de Google Trends (González Castro, Peñaranda Peñaranda, & Manzano Durán, 2018)

El tercer caso aplicado por Condensa buscando la Identificación de causas e impactos de la pérdida de energía y las consecuencias en sus finanzas (González M., 2018).

Internet de las cosas: En este pilar han incurrido empresas como alpina y Lagash

Alpina: buscando mejorar el control de calidad, Seguridad y la salud en el trabajo (SST), detectando excesos de velocidad, si varia la temperatura de la carga o se encuentra por fuera

del rango o si existe un recalentamiento del motor (González M., 2018).

Lagash: Implemento Sensores los cuales emiten una señal que alerta sobre las posibilidades de crecimiento o de sequía en los ríos (Nare, Magdalena medio antioqueño). Esto es enviado a una plataforma, es procesado y se lleva a un centro de datos para hacer análisis predictivos y preventivos (González M., 2018).

Cloud: Dada la facilidad con que se implementan las herramientas de cloud computing, se ven dos empresas Bogotanas quienes han implementado este pilar.

Proexport Colombia Diseño y desarrollo del flujo de gestión de proyectos, contemplando tareas, gestión, costos, aprobación, seguimiento e indicadores de viajes y gastos. Se puede realizar seguimiento en tiempo real. Se integraron 350 usuarios en siete (7) diferentes oficinas a nivel nacional y quince (15) usuarios en el exterior, bajo una misma aplicación con protocolos de acceso y seguridad en la información. Esta solución está basada en el modelo platform as a service (PaaS), desarrollada por medio de herramientas Force.com

CISA S.A. – Central De Inversiones, realizo la configuración y uso de infraestructura tecnológica, permitiendo a la organización la disponibilidad del sitio según las necesidades de la demanda o carga. Se convirtió en una compañía dinámica a las fluctuaciones propias del negocio (González M., 2018).

Estos son algunos de los casos de éxito en empresas Bogotanas, si se revisa el trasfondo de estos casos, se nota que son viables de aplicar en pymes de Bogotá, generando grandes reducciones de tiempos de atención, consultas, asesorías generales, toma de decisiones en línea, reacción inmediata ante una eventualidad. Entre otros tantos beneficios

7.2 ESTADO DEL ARTE

En este apartado se encuentran los documentos base para el marco referencial creado e investigaciones que permiten crear el instrumento final.

I. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies:

Estudia los patrones tecnológicos de la Industria 4.0 en 92 empresas manufactureras del sur de Brasil, propone un marco con tecnologías front-end y base de Industry 4.0, Usan un método basado en análisis de conglomerados y pruebas de independencia. Su contribución principal es un modelo de madurez que muestra patrones tecnológicos, por último, usan Big Data, análisis y la implementación de la flexibilización que se vuelven sus principales desafíos (Frank, Dalenogare, & Ayala, 2019)

II. Retos y Tendencias de la Transformación Digital para la Empresa Colombiana:

En él se manifiesta que la transformación digital de las organizaciones es un proceso que combina de manera adecuada la incorporación de los nuevos avances de la tecnología en la empresa con la colaboración fundamental del capital humano. Las organizaciones aparte de mejorar en sus procesos operativos y funcionales van a transformar su modelo de negocio impulsado por la tecnología y la innovación. El desarrollo de capacidades en las personas que forman parte de la empresa permitirá obtener mayores resultados en el proceso de comprensión y asimilación de los nuevos cambios tecnológicos. La empresa colombiana

tiene grandes retos que pueden alcanzarse siempre y cuando entienda que la transformación digital representa una oportunidad para transformar su modelo de negocio ser más competitiva (López, 2018)

III. Micro innovación, una estrategia para el crecimiento de las PYMES:

Las MIPYMES constituyen la columna vertebral de la economía mexicana pues son las principales generadoras de empleos, datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, indican que en México existen aproximadamente 4 millones 15 mil unidades empresariales, de las cuales 99.8 por ciento son MIPYME, surge la una inquietud sobre, el porcentaje de contribución al producto interno bruto (PIB) es del 52 %, y 72 % del empleo en el país (PRI, 2012). Los porcentajes no coinciden, mientras que el número de unidades superan el 98% y generan el 72% de empleos y solo el 52% al PIB, entonces quiere decir que la competitividad en las MIPYMES y PYMES es deficiente.

Por lo anterior y dada la importancia económica que representan las PYMES en México, es importante identificar y proponer estrategias que permitan elevar la competitividad y longevidad de las PYMES, logrando así un crecimiento constante de las empresas. El camino para los empresarios dueños de PYMES no es fácil, y mucho menos si se trata de innovar, se requiere de estrategias claras para el correcto enfoque de las actividades y recursos, que de por si son limitados. La estrategia de la micro innovación, es una guía que le permite al empresario identificar el estatus de la innovación dentro de su organización y continuar o retomar pasos o actividades para su éxito comercial (Cruz, 2014).

IV. Marco para la evaluación en la implementación de la Industria 4.0:

En él se presentan el estado del arte de la Industria 4.0, para lo cual se introducen en la terminología, asomándose a sus orígenes históricos y describiendo el concepto. Para ello, se presentaron algunas de las tecnologías o habilitadores digitales que sustentan esta nueva revolución industrial, y que son la base y las herramientas de cambios de los nuevos modelos de negocio, producto y procesos. Asimismo, analizaron el estado actual de esta nueva industria, el impacto que la misma ha provocado, las iniciativas que surgen tanto en España como en otros países del mundo y mencionaron algunos casos prácticos que han tenido lugar a lo largo de estos últimos años.

V. Se hace necesario resaltar el trabajo realizado por Alejandro German, Lucas Santos y Nestor Ayala, dada su relevancia y contribución en la creación de los ítems para la escala a utilizar en el desarrollo del instrumento foco de la investigación, en él se puede encontrar que dividen la Industria 4.0 en dos capas una denominada Tecnologías de front-end (abarca las cuatro dimensiones inteligentes entre necesidades operativas y de mercado, la cual encierra los tipos de transformación que considera la transformación de las actividades de fabricación basadas en tecnologías emergentes (Smart Manufacturing) y la forma en que se ofrecen los productos (Smart Products), consideran la forma de entregar las materias primas, las nuevas formas en que los trabajadores desarrollan sus actividades al incluir tecnología, y la segunda capa tecnologías base que comprenden tecnologías que proporcionan conectividad e

inteligencia para tecnologías front-end. Esta última capa es la que habilita el concepto de Industria 4.0 (Frank et al., 2019).

Se generó una metodología a seguir en el camino hacia la transformación digital sostenible de la empresa hacia la Industria 4.0. Para ello, se analizaron los distintos estándares, marcos, conjuntos de buenas prácticas y herramientas actualmente existentes y en base a todos ellos, se propuso una metodología basada en 4 pilares fundamentales como son: Gestión de Procesos, Gestión de Calidad, Gestión de las TIC y Gestión Financiera (Peña, 2018).

Definición de estrategias de adopción de la cuarta revolución industrial por parte de las empresas en Bogotá, aplicables a pymes en Colombia:

Dentro de la metodología, se utiliza investigación aplicada, descriptiva – explicativa, se consultan fuentes primarias y secundarias, que garanticen la veracidad y confiabilidad de la información. Por lo tanto, el objetivo es definir estrategias que permitan a las PYMES, prácticas adecuadas con las características tecnológicas e innovadoras de la cuarta revolución industrial y la adopción a las actividades de la cadena de valor.

Los resultados obtenidos es principalmente el desconocimiento de las características de la denominada cuarta revolución industrial, aunque existen organizaciones que aplican herramientas principalmente en el marketing, ventas y servicio al cliente. Las herramientas más utilizadas por las PYMES son el cloud computing y la inteligencia artificial (González M., 2018).

8. TIPO INVESTIGACIÓN

Para alcanzar los objetivos planteados en esta investigación se usará una metodología mixta de tipo exploratoria, debido a que este tipo de investigación combina los enfoques cuantitativo y cualitativo en un mismo estudio y obedece a investigaciones de problemas poco estudiados, permitiendo indagar desde una perspectiva innovadora; también permite identificar conceptos promisorios y por último preparan el terreno para nuevos estudios (Hernandez S. R, 2014).

9. METODOLOGÍA

Como se plantea en el primero objetivo específico de este proyecto donde se busca establecer el marco conceptual alrededor de la Industria 4.0 y la especialización inteligente con el fin de delimitar las fases (pilares) que los componen, se adoptan los siguientes mecanismos:

- A. Realizar una búsqueda sistemática con el fin de identificar la necesidad de información, documentarla y crear una bibliografía que permitiera extraer lo más relevante de la industria 4.0 y sus pilares. Por ello se cuestiona ¿cuál es la necesidad del proyecto?, ¿qué información bibliográfica podría necesitar?
- B. Después de realizar una búsqueda extensa se procede a identificar, clasificar y localizar los documentos bibliográficos que permitirían consolidar y crear el marco referencial de este proyecto. Para este punto los cuestionamientos realizados fueron: ¿existen documentos de interés que hablen sobre el tema a tratar en el proyecto?, ¿Dónde encuentro estos documentos? Y por último ¿cómo acceder a ellos?
- C. Lo más importante en una búsqueda sistemática es saber gestionar, seleccionar, usar y comunicar los documentos, ya que en la web se puede encontrar mucha información sobre diferentes temas, pero se debe saber cuáles son fuentes oficiales y pueden servir de apoyo en un proyecto de grado.

Por ello los grandes cuestionamientos realizados fueron: ¿Cómo citar los documentos? ¿cómo gestionar la documentación localizada?

- ¿Qué se debía buscar para lograr el primer objetivo del proyecto?

Para los puntos mencionados anteriormente y poder realizar una búsqueda sistemática estructurada y con el mínimo sesgo posible frente a lo cuestionado, se crea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo analizar las limitaciones y oportunidades vinculadas con la implementación de tecnologías 4.0? en los procesos productivos en Pymes de la ciudad de Bogotá?

- ¿Dónde se debía buscar para lograr el primer objetivo específico del proyecto?

Es la pregunta inicial que se realiza todo investigador, por ello para dar cumplimiento a la primera actividad de la metodología planeada para este proyecto, la cual consiste en recopilar referencias bibliográficas que permitan entender el concepto de industria 4,0 y sus pilares, se describe brevemente en la tabla 3 las bases de datos utilizadas para recopilar la información, bases por suscripción brindadas por la universidad ECCI, Universidad de la Sabana y la cámara de comercio de Bogotá.

Tabla 3 Bases de datos utilizadas para el proyecto

SCIENCE DIRECT:	GOOGLE ACADÉMICO	SCOPUS	BIBLIOTECA CAMARA DE COMERCIO
Es la base de datos de Elsevier con textos completos escritos por investigadores renombre internacional, revisados por pares con más de 3500 títulos de revistas; además cuenta con herramientas de búsqueda recuperación sofisticadas, contenidos de gran variedad	de Google Scholar es un motor de búsqueda basado en Internet para información académica, incluidos artículos revisados por pares, tesis, libros, preimpresos, resúmenes y opiniones judiciales de editores académicos, sociedades profesionales,	Scopus es una base de datos de citas y resúmenes de literatura revisada por pares: revistas científicas, libros y actas de congresos. Cuenta con herramientas inteligentes para rastrear, analizar y visualizar la investigación, ofreciendo una visión general de la producción mundial de investigación en	El Centro de Información Empresarial de Bogotá (CIEB) está compuesto por cuatro bibliotecas especializadas en temas empresariales, jurídicos, comerciales, económicos, cívicos y sociales de Bogotá y la Región. (Cámara de Comercio)

fuentes externas en repositorios en línea, los campos de
forma de audio, universidades y ciencia, tecnología,
video y conjunto de otros sitios web. medicina, ciencias
datos. sociales y artes y

(Google Acadêmico, humanidades.

(“Science direct,” 2018)

2014).

(Vinyard & Whitt,

2016)

Fuente: Autor

Con el fin de escoger la o las metodologías de recolección de información apropiadas para las pymes de la ciudad de Bogotá, se enfoca el instrumento en las pautas metodológicas en Gestión de la Tecnología y la Innovación en las empresas TEMAGUIDE (Fundación COTEC, 2009) , donde se recoge las tareas y preocupaciones fundamentales para una adecuada gestión tecnológica dentro de las empresas, las explica, indica formas o procedimientos para llevarlas a cabo y las ilustra con ejemplos concretos de experiencias empresariales, en esta publicación se indica que la innovación debe ser el ADN de una compañía, se debe trabajar fuertemente en ello hasta lograr un equilibrio, lo que permite que las empresas se desarrollen rápidamente aumentando su capacidad de respuesta.

¿Por qué basarse en TEMAGUIDE y no en otro método?, es un método que puede ser implementado por personas que no posean conocimientos en innovación, el cuál es el mayor

potencial en este proyecto, dada la baja participación e interés de las pymes en innovar utilizando tecnología.

Este método es útil para cualquier sector, sea de servicios, industria o comercio y dado a su enfoque su línea de acción tiene como objetivo contribuir a la promoción de un entorno favorable para la innovación y a la absorción de nuevas tecnologías por parte de las empresas, siendo el objetivo de dichas medidas el estímulo del intercambio transnacional de conocimientos y prácticas metodológicas, para la promoción y utilización de IMT en las PYMES (Fundación COTEC, 2009).

Nace como resultado de una investigación realizada por un grupo de organizaciones europeas: la FUNDACIÓN COTEC, coordinadora del proyecto, la empresa SOCINTEC, CENTRIM (Universidad de Brighton), IRIM (Universidad de Kiel) y la Unidad de I+D de Manchester Business School. El proyecto fue apoyado por el Innovación Programme (Dirección General XIII de la Comisión Europea). En particular, el proyecto TEMAGUIDE (contrato n.º AAMM023) fue subvencionado como una medida complementaria dentro de la línea de acción dedicada a la promoción de técnicas de gestión de la innovación (Innovation Management Techniques: IMT) (Fundación COTEC, 2009).

A continuación, podrán encontrar en la tabla 4, las diferentes actividades a realizar para lograr cada uno de los objetivos planteados y sus fechas de ejecución

Tabla 4 Metodología del proyecto

Acción	Actividades	Inicio actividad	Fin actividad
1. Establecer el marco conceptual alrededor de la Industria 4.0 y la especialización inteligente con el fin de delimitar las fases que los componen	1,1 recopilar referencias bibliográficas que permitan entender el concepto de industria 4,0 y sus pilares	1/09/2018	30/09/2018
	1,2 analizar la información recolectada y crear el marco de referencia del proyecto	1/10/2018	30/10/2018
	1,3 establecer las fases de la industria 4,0 y sus campos de aplicación	1/11/2018	31/11/2018
2. Diseñar un instrumento de recolección de información que permitirá evaluar la	2,1 escoger la o las metodologías de recolección de información	1/12/2018	23/12/2018
	2,2 definir cuál será el instrumento a diseñar a través de dos o más bosquejos.	4/01/2019	30/01/2019
implementación de tecnologías 4.0 en los	2,3 diseñar el instrumento de recolección de información	2/02/2019	28/02/2019
	3,1 Someter el instrumento creado a un Juicio Expertos	1/03/2019	31/03/2019

3 Aplicar pruebas de validez y fiabilidad al instrumento.	3,2 Modificaciones al instrumento después de la sesión de expertos	1/04/2019	31/04/2019
	3,3 Encuestas para evaluar el contenido y la utilidad del instrumento diseñado	2/05/2019	30/05/2019
	3,4 Análisis de Cronbach (Fiabilidad)	3/06/2019	25/06/2019
	3,5 Análisis de Correlaciones y factorización de componentes principales (Varimax)	1/07/2019	30/07/2019

Fuente: Autor

10. FUENTES

Tomando como base de este proyecto la metodología de investigación establecida en el best seller 6 edición de Hernández Sampieri 2017, se definen en las siguientes fuentes:

- a. **Primaria**, el investigador será el encargado de realizar el proceso de la investigación tomando información como encuestas de primera mano sin contratar elementos adicionales, consiguiendo así datos y resultados importantes para la investigación.
- b. **Secundaria**: El investigador utilizara las siguientes fuentes de información:
 - o **internet**: Por este medio se buscará todo lo referente a Industria 4.0, pilares, sectores productivos y empresas pymes de Bogotá, cadenas de productivas.

11. RESULTADOS

Objetivo específico 1: Establecer el marco conceptual alrededor de la Industria 4.0 y la especialización inteligente con el fin de delimitar las fases (pilares) que los componen.

Por la experiencia generada en proyectos anteriores, se sabe que la comunidad científica realiza la mayoría de publicaciones en Inglés, por lo tanto, se busca el término Industria 4.0 combinado con tesis, libros, en la tabla 5 se encuentran los resultados obtenidos en cada una de las bases de datos establecidas anteriormente:

Tabla 5 Resultados de las palabras iniciales utilizadas en la búsqueda en las bases de datos escogidas

Palabra	ScienceDirect	Google Académico	Scopus
Thesis	12.013	275.000	13
Books	7.165	638.000	34
Industria 4.0	190.821	1.750.000	8401

Fuente: Autor

Como se evidencia al realizar búsquedas por palabras sueltas los resultados son numerosos, es por ello que se utilizan búsquedas sistemáticas y operadores booleanos con el fin de reducir la búsqueda y enfocar la literatura al objetivo de la investigación.

En la tabla 6 se relacionan las palabras utilizadas en la búsqueda sistemática tanto en español como en inglés, con el fin de reducir los resultados encontrados anteriormente y generar una búsqueda sistemática más centrada.

Tabla 6 Listado de palabras a utilizar con operadores boléanos en las bases de datos

Español	Inglés
Industria 4.0	Industry 4.0
Grandes datos	Big data
Realidad Aumentada	Augmented reality
La Nube	Cloud
Robots autónomos	Autonomous robots
Automatización	Automation
Información Digital	Digital Information
Fabricación Inteligente	Intelligent Manufacturing
Cliente Conectado	Connected Client
Industria Robot	Robot Industry
Impresión 3D	3d print
Ciberseguridad	Cybersecurity
Integración de sistemas	System Integration
Realidad Aumentada	Augmented reality
Simulación	Simulation
Fabricación Aditiva	Additive Manufacturing
Internet de las cosas	Internet of things
Simulación	Simulation
Producción en Línea	Production in line
Comunicación M2M	M2M communication
Sistemas Ciberfísicos	Cyberphysical Systems
Hiperconectividad	Hyperconnectivity
Ciberseguridad	Cybersecurity
Fabricación Digital	Digital Manufacturing
Impresión 3D	3D printing
Industria Conectada	Connected Industry
Autos autónomos	Autonomus cars
Conectividad	Connectivity
Empresas	Pymes

Pequeñas Empresas	My pymes
Metodología	methodology
Producción	Production
Fábrica Inteligente	Smart Factory

Fuente: Autor

Después de establecidas las palabras base de búsqueda, se combinan las palabras anteriores con fórmulas conectadas a través de operadores boléanos con el fin de mejorar los resultados y realizar filtros que permitan enfocar la búsqueda, con los siguientes resultados:

- c. "Industry 4.0" AND "Automation" (1754 resultados)
- d. "Industry 4.0" AND "Big data" (951 resultados)
- e. "Industry 4.0" AND "Big data" or Production" (14398 resultados)
- f. "Smart Factory" AND "IOT" (432 resultados)
- g. "Supply Chain scheduling AND Smart Factory Industry" (12 resultados)
- h. "Industry 4.0" or "Autonomous robots" (72 resultados)
- i. "Industry 4.0" or "Connected Client" (18 resultados)
- j. "Industry 4.0" and "Robot Industry" (21 resultados)
- k. "Industry 4.0" and "Additive Manufacturing" or "Production" (496 resultados)
- l. "Industry 4.0" and "pymes" or "Production" (62 resultados)
- m. "Cloud Computing" and "pymes" or "Production" (219 resultados)
- n. "industria 4.0" and "pymes" (405 resultados)
- o. "industria 4.0" and "pymes" and "Colombia" (164 resultados)

Se decide tomar solamente como base artículos y tesis encontradas con temas referentes al objetivo 1 y 2 del proyecto, quedando así con un 10% de publicaciones clasificadas entre los años 2007 y 2012, un 8% entre el 2013 y 2015, y un 82% entre los años 2016 a 2019

A partir de estudios previos de López (2015), es necesario abarcar todos los sectores productivos para determinar una aproximación real y actualizada de la implementación de herramientas de producción 4.0 en las pymes de Bogotá. Tal y como lo indica Confecámaras en su informe de Dinámica empresarial de 2017, se crearon en el país 323.265 unidades productivas; 70.022 sociedades y 253.243 personas naturales, evidenciando un crecimiento de 7,3% en el total firmas creadas respecto al año anterior, cuando se ubicaban en 301.302. En este periodo se observó que el número de personas naturales matriculadas exhibió un crecimiento de 13,0% al pasar de 224.182 a 253.243. En el plano regional, se observa que el total de unidades productivas nuevas se concentra principalmente en Bogotá con 22,5% (Confecámaras, 2018), tendencia que se mantendrá y seguirá creciendo en 2019. Esto ocasiona que las pymes de Bogotá estén en todos los sectores industriales tomando relevancia unos más que otros, ejemplo de ello son las actividades económicas de mayor contribución a la variación registrada en el número de empresas como lo fueron alojamiento y servicios de comida, comercio y otras actividades de servicios, los cuales explican alrededor del 86,4% del crecimiento observado. En estas actividades se crearon 50.643, 122.909 y 14.231 unidades productivas respectivamente. Por su parte, los sectores que exhibieron mayor tasa de crecimiento fueron: explotación de minas y canteras (50,9%), alojamiento y servicios de comida (30%), actividades artísticas y de entretenimiento (26,9%), seguido de otras actividades de servicios (22,4%) y comercio (9,4%) (Confecámaras, 2018)

Objetivo Especifico 2. Diseñar un instrumento de recolección de información que permitirá evaluar la implementación de tecnologías 4.0 en los procesos productivos en PyMEs de la ciudad de Bogotá.

11.1 TEMAGUIDE

TEMAGUIDE es el método escogido para realizar las diferentes escalas del instrumento, bajo el modelo definido en la ilustración 2, el cual maneja un modelo conceptual de elementos claves que permiten innovar y desarrollar nuevas capacidades en innovación tecnológica.

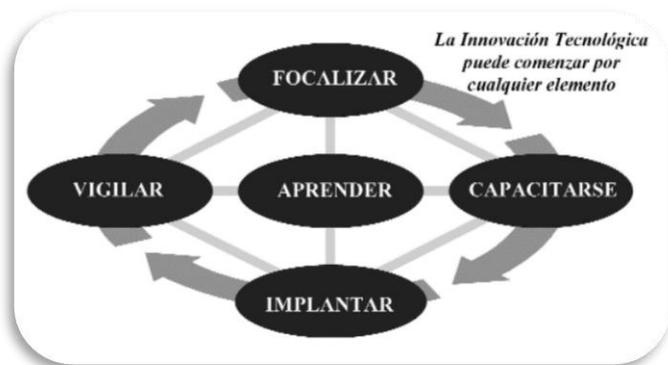


Ilustración 2 Modelo conceptual de elementos clave de la innovación tecnológica

Fuente (Fundación COTEC, 2009)

El modelo compuesto por 5 factores, buscan detectar señales sobre necesidades de innovación, las cuales generan oportunidades potenciales para las pymes de Bogotá, focalizadas en la atención y los esfuerzos puesto en alguna estrategia, con el único fin de

mejorar las pymes y llevarlos hacia una solución específica para un problema latente en cada una de ellas. Capacitar es una de las prioridades en las pymes, lo cual permitirá apoyar la estrategia definida, dotándose de recursos y preparando lo necesario para que la solución innovadora funcione (Fundación COTEC, 2009).

Más que definir un plan de acción para implementar en las pymes, se debe buscar la implantación del modelo definido para el negocio, que funcione y que permita identificar el grado de implementación que se posea, esto tomando como base que puede no existir ningún tipo de innovación o por el contrario al realizar las valoraciones encontrar pymes con alta implementación de Industria 4.0.

Al revisar el modelo en cualquier caso, tiene un valor intrínseco como una forma de reconocer la posición de una empresa respecto a cualquier proyecto o actividad (Fundación COTEC, 2009), esto permite que en el instrumento se cree la escala tipo liker donde se podrá evidenciar el grado de implementación de industria 4.0 en las pymes, empezando con el rango no hay implementación hasta avanzada implementación, el cual se verá reflejado en el instrumento final.

Por lo tanto, se crea una escala para el punto número 2 del instrumento diseñado basado en este modelo, empezando en no hay implementación, baja implementación, media implementación, alta implementación, avanzada implementación (en la tabla 8 se pueden ver las definiciones de cada una), esto con el fin de aplicar los 5 focos de los cuales trata este modelo, el cuál encierra de una manera puntual cada uno, al establecer que según el grado de

implementación de Industria 4.0, su uso y su conocimiento nos permite dar un foco, aprender de las pymes, para aquellas que no conocen la industria 4.0 implantar una pequeña idea de lo que es, capacitar al investigador y sobre todo vigilar los resultados del diseño y entregarlo con grados de confiabilidad exactos.

11.2 INSTRUMENTO

A continuación, se explicará cada uno de los puntos definidos en la encuesta y el motivo de utilizarlos, esto con el fin de que los futuros investigadores lo puedan tomar como manual del entrevistador, entender el instrumento y como expertos poder aplicarlo (En el Anexo A podrán encontrar el instrumento final); adicional a ello en el Anexo B, podrán encontrar un glosario de definiciones sobre los 32 ítems de los cuales se compone la pregunta 2, para que puedan orientar a las personas encuestadas

TITULO

**ENCUESTA SOBRE EL ANÁLISIS DEL ABORDAJE DE HERRAMIENTAS DE
PRODUCCIÓN 4.0 EN PYMES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

OBJETIVO

En este punto es de vital importancia hacerle saber al entrevistado el motivo por el cual se realiza la encuesta y cuál es su fin, por ello se decide colocar el objetivo general del macroproyecto y orientar al entrevistado

POLITICA DE TRATAMIENTO DE DATOS

La ley colombiana está reglamentada y si se quiere tener éxito en la misma se deben recolectar datos de las personas, con el objeto de a futuro analizar la información suministrada por los entrevistados y hacerles partícipes del proceso, por ello es indispensable darles a conocer sus derechos, esto da peso, estructura y confianza a la persona entrevistada

ENCUESTA

Después de revisada la literatura se decide crear esta encuesta con la escala tipo liker, teniendo en cuenta que dentro de la comunidad científica goza de mayor aceptación entre los investigadores, en cuanto a que tiene más objetividad, no ofrecen complejidad en su elaboración, plantean elevados índices de validez y fiabilidad y el número de ítems necesarios para su confección es sensiblemente menor que el empleado en las escalas de Thurstone. Además, permite valorar el nivel de unidimensionalidad mediante el análisis factorial.

Según Fox (1981) Colás y Buendía (1992), la bondad de este tipo de instrumento se caracteriza porque no hay manipulación de variables, no se intenta establecer relaciones causa-efecto, sino tan solo describirlas y observarlas, y hace hincapié en diferencias

individuales, de modo que observa cómo los sujetos de la muestra difieren en un determinado rasgo (Moral, Ferra, & López, 2013).

PREGUNTAS

Para los puntos 1 y 3 se opta por utilizar una escala aditiva tipo Likert, que nos permitiera identificar el grado de conocimiento o implementación de los ítems seleccionados de forma positiva o negativa hacia Industria 4.0 y la implementación de la misma.

Antes de establecer los ítems de la escala se decidió tener en cuenta el rasgo que se deseaba valorar, en este caso se estableció como primer ítem el conocimiento del término industria 4.0, se quería saber antes de empezar con la encuesta si estaban familiarizados con el término o no, a su vez conocer la opinión que se tenía sobre implementar tecnología en su empresa, esto es de suma importancia para no tener problemas con la unidimensionalidad y validez de la escala. tal y como indica (Moral et al., 2013) “la redacción tradicional de los ítems de las escalas (que sigue la práctica de Thurstone y Likert) suele hacerse en forma de opiniones con las que se puede estar o no de acuerdo”. cuantificando las valoraciones en una escala de 1 a 5 , en la que el 1 representa la falta de acuerdo entre el ítem del cuestionario y el objeto del mismo, mientras que el 5 correspondería a un perfecto ajuste entre ambos (Hambleton, 1989).

Dado lo anterior, en la tabla 7 se reflejan las 5 opciones de respuesta a los ítems formulados

Tabla 7 Escala de valoración preguntas 1 y 3 instrumento

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
= 1	= 2	= 3	= 4	= 5

Fuente: Autor

lo que evita el problema de “centralidad” en las respuestas

Siguiendo con la escala tipo liker, para la siguiente batería de criterios, se crea una escala que permita establecer el grado de implementación que se posee de las diferentes tecnologías usadas en los 9 pilares de industria 4.0, mencionados en el marco teórico, se proporciona una breve descripción de lo que indica cada ítem, con el fin de evitar respuestas subjetivas. al igual que en el ítem anterior se da un valor a cada respuesta.

En la tabla 8 se muestran los 32 ítems seleccionados, todos asociados a los tipos de elementos que poseen los 9 pilares de industria 4.0 y que han sido usados en las empresas, con el fin de dar la mayor cobertura a las posibles respuestas de los entrevistados y determinar el grado de aplicabilidad, por ser tan explícito se hace necesario que sea acompañada por el entrevistador ya que al ser un experto en el tema puede dar una breve descripción de cada ítem.

Tabla 8 Escala de valoración pregunta 2 instrumento

No hay implementación =1	Baja implementación =2	Media implementación =3	Alta implementación =4	Avanzada implementación =5
No hay evidencia en la empresa sobre la implementación de la tecnología.	La empresa reconoce la existencia de la tecnología a partir de análisis internos o información externa.	La empresa está ejecutando un proyecto para la implementación de la tecnología.	La empresa cuenta con la tecnología implementada.	La implementación de la tecnología genera aprendizaje empresarial y tecnológico.

Fuente: Autor

A continuación se encuentra la encuesta realizada con sus respectivas escalas tipo liker mencionada anteriormente, tomando como base el documento (Frank et al., 2019) mencionado en el marco referencial, en el cual se clasifican las diferentes tecnologías, productos y servicios que se pueden implementar en una pyme, evidenciados

ENCUESTA SOBRE EL ANÁLISIS DEL ABORDAJE DE HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN 4.0 EN PYMES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

OBJETIVO

El objetivo de esta encuesta es analizar las limitaciones y oportunidades vinculadas con la implementación de tecnologías 4.0 en los procesos productivos en Pymes de la ciudad de Bogotá.

POLITICA DE TRATAMIENTO DE DATOS

En cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 "Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales" y su Decreto Reglamentario 1377 del 2013, solicitamos su autorización para tratar (almacenar, usar y circular a terceros) los datos personales e información suministrada en este documento. Los datos informados son fundamentales para el cumplimiento de los fines de la investigación y serán usados para ello. Como titular del dato personal, usted podrá ejercer sus derechos a conocer, actualizar, rectificar, modificar, acceder o solicitar la supresión de un dato o revocar la autorización otorgada, mediante comunicación a través del correo electrónico rbuitragop@ecc.edu.co.

En virtud de lo anterior Yo _____ identificado con C.C _____ de ----- AUTORIZO de manera voluntaria, previa, explícita, informada e inequívoca al titular del proyecto para tratar mis datos personales de acuerdo con la Política de Tratamiento de Datos Personales y para los fines relacionados.

Firma: _____

Fecha: _____

IDENTIFICACIÓN

Razón social (Sólo si es una sociedad): _____

NIT: _____

Personas naturales (Nombres y Apellidos): _____

Tipo de documento: _____

Número de identificación: _____

Actividad económica del establecimiento, sucursal o agencia (CIU):

Descripción de la actividad económica: _____

UBICACIÓN

País: _____

Departamento: _____

Ciudad o Municipio: _____

Dirección: _____

Correo electrónico: _____

ENCUESTA

1. Determine su nivel de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones

Conozco que es la INDUSTRIA 4.0

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

La adopción de tecnologías de la INDUSTRIA 4.0 proporciona mejoras para la empresa

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Determine el nivel de implementación de tecnologías de la INDUSTRIA 4.0 en su empresa, de acuerdo a la escala que está disponible en la siguiente tabla.

Escala de valoración

	No hay implementación	Baja implementación	Media implementación	Alta implementación	Avanzada implementación
	No hay evidencia en la empresa sobre la implementación de la tecnología.	La empresa reconoce la existencia de la tecnología a partir de análisis internos o información externa.	La empresa está ejecutando un proyecto para la implementación de la tecnología.	La empresa cuenta con la tecnología implementada.	La implementación de la tecnología genera aprendizaje empresarial y tecnológico.
	No hay implementación	Baja implementación	Media implementación	Alta implementación	Avanzada implementación
Sensores, actuadores y controladores lógicos programables (PLC).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema de Ejecución de Manufactura (MES).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planificación de recursos empresariales (ERP).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comunicación máquina a máquina (M2M).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puesta en marcha virtual.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simulación de procesos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Inteligencia artificial para el mantenimiento predictivo.	<input type="radio"/>				
Inteligencia artificial para la planificación de la producción.	<input type="radio"/>				
Comunicación máquina a máquina (M2M).	<input type="radio"/>				
Robots industriales.	<input type="radio"/>				
Identificación automática de no conformidades en producción.	<input type="radio"/>				
Identificación y trazabilidad de materias primas.	<input type="radio"/>				
Identificación y trazabilidad de productos finales.	<input type="radio"/>				
Fabricación aditiva.	<input type="radio"/>				
Líneas flexibles y autónomas.	<input type="radio"/>				
Sistema de control de eficiencia energética.	<input type="radio"/>				
Sistema de mejora de la eficiencia energética.	<input type="radio"/>				
Conectividad del producto.	<input type="radio"/>				
Monitoreo del producto.	<input type="radio"/>				
Control del producto.	<input type="radio"/>				
Optimización del producto.	<input type="radio"/>				
Autonomía del producto.	<input type="radio"/>				
Plataformas digitales con proveedores.	<input type="radio"/>				
Plataformas digitales con clientes.	<input type="radio"/>				
Plataformas digitales con otras unidades de la empresa.	<input type="radio"/>				
Monitorización remota de la producción.	<input type="radio"/>				
Operación remota de producción.	<input type="radio"/>				
Realidad aumentada para mantenimiento.	<input type="radio"/>				
Realidad virtual para la formación de trabajadores.	<input type="radio"/>				

Realidad aumentada y virtual para el desarrollo de productos.	<input type="radio"/>				
Robots colaborativos.	<input type="radio"/>				
Internet de las cosas (IoT).	<input type="radio"/>				
Computación en la nube.	<input type="radio"/>				
Grandes datos.	<input type="radio"/>				
Analítica.	<input type="radio"/>				

3. Determine su nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación.

La implementación de herramientas de la Industria 4.0 supone:

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Una reducción del tiempo de producción.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Optimización de los niveles de calidad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mayor ahorro de costos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mayor seguridad en los procesos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción más flexible.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flujo de datos más eficiente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mayor competitividad empresarial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adaptación de nuevo métodos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Desigualdad social.	<input type="radio"/>				
Personal más especializado y con mayor remuneración.	<input type="radio"/>				
Mayor inversión.	<input type="radio"/>				
Dependencia tecnológica.	<input type="radio"/>				
Obsolescencia de la tecnología.	<input type="radio"/>				

11.3 VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Todo instrumento debe contar con una serie de validaciones para que sea claro, conciso, fiable y lleve al entrevistador o encuestador a recolectar la información necesaria para el buen resultado de los objetivos planteados (Vanderbilt, 2014)

11.3.1 Juicio De Expertos

El método Delphi consiste en una técnica de obtención de información, basada en la consulta a expertos de un área, con el fin de obtener la opinión de consenso más fiable del grupo consultado. Estos expertos son sometidos individualmente a una serie de cuestionarios en profundidad que se intercalan con retroalimentación de lo expresado por el grupo y que, partiendo de una exploración abierta, tras las sucesivas devoluciones, producen una opinión que representa al grupo (Reguant, Torrado, & Torrado-, 2016) para este caso de decide trabajar con el método Delphi con la dinámica de la siguiente ilustración:

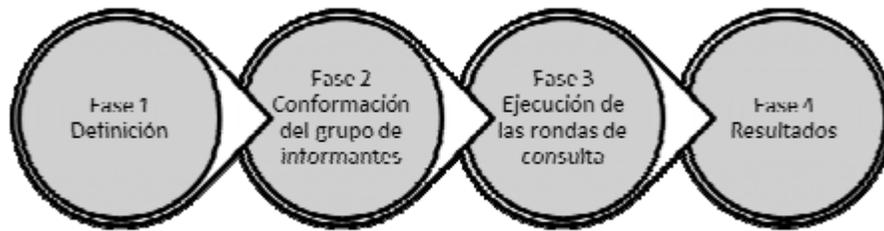


Ilustración 3 Fases del proceso Delphi

Fuente: (Reguant et al., 2016)

11.3.1.1 Fase 1 Definición

Es indispensable tener claros los objetivos y los logros que se quieren obtener al implementar este método, en esta fase se establece, que es necesaria la consulta de expertos, porque son quienes en materia teórica y práctica han interactuado con este tipo de industria, conocen los alcances y los riesgos que ella puede tener, por ende, podrán establecer si se está incurriendo en algún tipo de sesgo o si el instrumento creado no dará los resultados esperados.

11.3.1.2 Fase 2 Creación de grupos informantes

Para esta fase es vital que la opinión de los expertos sea de personas que hayan implementado procesos de industria 4.0, que conozcan y dominen el tema y que interactúen con él, por ello se realiza la invitación a uno de ellos quien en su compañía ha desplegado industria 4.0, conoce del tema, lo ha estudiado y puede referirnos más expertos en el tema, logrando así

que él nos refiriera 2 expertos más y esos 2 expertos adicionales nos refieren cada uno, uno más, para así lograr conseguir 5 expertos comprometidos con la calidad y responsabilidad que este punto requiere.

11.3.1.3 Fase 3 Ejecución de las rondas de consulta

En este caso, se realiza la sesión con 5 expertos en el tema de estudio y pertenecientes al sector de las telecomunicaciones, el 40% poseen Maestría, el 40% especialización y un 20% Doctorado, la mayoría de estudios asociados a planeación estratégica, TICS, Innovación y desarrollo. Se realizó en dos sesiones con una duración aproximada de 65 minutos cada una.

Desarrollo de las sesiones:

1. Con el fin de que queden registradas todas las observaciones se entrega a cada experto una copia del instrumento para su revisión.
2. Después de realizada la respectiva lectura por cada experto, generan anotaciones sobre el documento entregado con el fin de dar su retroalimentación sobre el mismo. (Anexo C se encuentran un ejemplo físico con las observaciones realizadas por un experto).

3. Se realiza la socialización de los puntos que consideraron eran sujetos de revisión, recibiendo así la opinión de todos los expertos y los puntos de acuerdo y desacuerdo.
4. Por último, con el fin de garantizar la fiabilidad y el acceso a la misma, se creó un formulario para que cada experto diligenciara sus observaciones de forma individual y así poder tomar de primera mano cada una de las observaciones revisarlas y aplicarlas en el instrumento, el formato lo podrán visualizar en el siguiente link <https://forms.gle/tSsBWNHAV2QQUxAn9>

11.3.1.4 Fase 4. Resultados:

Después de realizada las sesiones y la socialización de cada opinión, los expertos procedieron a realizar el registro en el formulario sus sugerencias al instrumento uno a uno y en forma separada, esto debido a que los expertos pueden conocerse, y una de las mayores ventajas de realizarlo así, es que no existe posibilidades de sesgo derivados del prestigio o liderazgo de algún miembro del grupo, logrando fiabilidad y garantía en el proceso. En el anexo D se encuentran los detalles de las observaciones registradas por los expertos en la primera sesión.

En la segunda sesión se realiza un Feedback controlado, donde se exponen los puntos en acuerdo como fue el de eliminar la escala de baja implementación, punto en que todos coincidieron, se relacionó en una lista cada una de las observaciones realizadas así:

- a. Retirar baja implementación de la escala de valoración **100% Coincidencia.**
- b. Retirar algunos ítems del punto 2 por crearse antes de la 4 revolución Industrial.
20% coincidencia.
- c. Pre llenado de la información inicial (NIT, Código CIIU) **20% coincidencia.**
- d. Modificar los ítems del punto 3 por mayor producción, menos fallas en calidad, Mejora en procesos, aumentar o mantener la operación. **20% coincidencia.**

Dando como resultado en acuerdo unánime que el punto **a** es el más relevante y que los demás podían ser tratados por el entrevistador para evitar sesgos en el instrumento, al coincidir que ellos eran expertos y las personas a encuestar no.

11.3.1.5 Modificaciones al instrumento después de la sesión de expertos.

Después de realizadas las sesiones y atendiendo a las opiniones de los expertos, se elimina del instrumento en la escala de valoración **baja Implementación**, al ser el punto de coyuntura y de mayor coincidencia entre las opiniones de los expertos, al igual que las categorías de sensores agrupadas en sensores interconectados, quedando este punto así:

De acuerdo con lo anterior, determine el nivel de implementación de tecnologías de la INDUSTRIA 4.0 en su empresa, de acuerdo con la siguiente escala.

No hay implementación	Media implementación	Alta implementación	Avanzada implementación
No hay evidencia en la empresa sobre la implementación de la tecnología.	La empresa está ejecutando un proyecto para la implementación de la tecnología.	La empresa cuenta con la tecnología implementada.	La implementación de la tecnología genera aprendizaje empresarial y tecnológico.

11.3.2 Encuestas para evaluar el contenido y la utilidad del instrumento diseñado.

11.3.2.1.1 Participantes

Los participantes fueron 16 pymes de Bogotá, a quienes se les realizó una entrevista para aplicar el instrumento diseñado, de las 16 pymes 14 se encuentran registradas ante cámara de comercio (Ver anexo E consulta de algunas cámaras de comercio) y 2 están actualmente en el proceso de registro.

Por cumplimiento a la ley y como se informó anteriormente se realiza la consulta de tratamiento de datos a las 16 empresas, dando como resultado que el 18.8% (3) por seguridad de su compañía no autoriza el tratamiento de los datos informados en el cuestionario.

La mayor participación la tienen los gerentes, esto se debe a que las pymes de Bogotá no poseen en su mayoría estructuras jerárquicas y generalmente el dueño es el gerente, representante legal y a su vez el comercial, permitiéndonos tener de primera mano la información suministrada.

Tabla 9 Actividades Económicas encuestados

Código CIU	Descripción actividad económica
2511	Fabricación de productos metálicos para uso estructural
2822	Fabricación de máquinas formadoras de metal y de máquinas herramienta
3110	Fabricación de muebles
4111	Construcción de edificios residenciales
4641	Comercio al por mayor de productos textiles, productos confeccionados para uso doméstico
4741	Comercio al por menor de computadores, equipos periféricos, programas de informática y equipos de telecomunicaciones en establecimientos especializados
5513	Alojamiento en centros vacacionales
5621	Catering para eventos
6110	Actividades de telecomunicaciones alámbricas
6201	Actividades de desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas)
6209	Otras actividades de tecnologías de información y actividades de servicios informáticos
7120	Ensayos y análisis técnicos
7410	Actividades especializadas de diseño
8299	Otras actividades de servicio de apoyo a las empresas n.c.p.
8551	Formación académica no formal
9900	Actividades de organizaciones y entidades extraterritoriales

Fuente: Autor

11.3.3 Validez de constructo

Para realizar los análisis se trabajó con el programa IBM SPSS ((Statistical Package for the Social Sciences), el cual permite desarrollar y subsecuentemente analizar bases de datos para aplicaciones prácticas o para diversas necesidades de investigación (Fallis, 2013)

11.3.3.1 Análisis de Cronbach (Fiabilidad)

El mayor punto de equilibrio al diseñar un instrumento es determinar la fiabilidad interna, por ello la comunidad científica se apoya en el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach (α) con el fin de determinar qué tan correlacionadas están las preguntas y sus variables. Este índice considera valores entre 0 y 1, siendo lo más aceptable valores de alfa que se acerquen a 1, los cuales reflejan una mayor consistencia de los ítems analizados, “El valor mínimo aceptable para el coeficiente alfa de Cronbach es 0.7; por debajo de ese valor la consistencia interna de la escala utilizada es baja”. (Bojórquez, López, Hernández, & Jiménez, 2013)

La tabla 10 se muestra el coeficiente alfa de Cronbach total del instrumento el cual fue 0.905 considerado como **confiabilidad excelente** tomando como base el mínimo de 0.7. Fueron examinados 52 elementos en el instrumento.

Tabla 10 Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
------------------	---	----------------

Uno de los factores más incidentes al realizar un análisis de fiabilidad es la sugerencia que entrega la Media de la escala si se elimina uno o varios elementos del instrumento, arrojando el valor final que tendría la media en el caso de eliminar lo sugerido. Algunas de las reglas que posee estas estadísticas es que si es cero o negativo se elimina o se replantea la pregunta, con el fin de aumentar el resultado del Alfa de Cronbach.

De esta forma de los 52 ítems analizados se encuentran en la columna Correlación total de elementos corregida 11 ítems con puntuación negativa y que eliminarlos cambiaria la confiabilidad de 0.905 a máximo 0.91, sin embargo, para este instrumento no se considera relevante eliminar los ítems 1.3. 14. 19. 20. 31. 37. 38 y 48, debido a su poca alza si se decide eliminar, sugiere que se pasaría de un Alfa de 0.905 a uno de 0.91 máximo.

11.3.3.2 Análisis Correlaciones y factorización de componentes principales (Varimax)

Al realizar el análisis de correlaciones para , arroja como resultado un determinante igual a .000, esto quiere decir que no existe correlación lineal, por tanto se dice que las variables están incorreladas, pero puede existir correlación curvilínea (Rodríguez, Ariza, Pérez, & Mora, 2018), por lo tanto se procede con la factorización de componentes principales

(Varimax), técnica estadística descriptiva que tiene como punto de partida una matriz de datos con una serie de individuos a los que se les ha medido varias variables.

Para el caso de esta investigación se cuentan con demasiadas variables, por un lado, están los 36 ítems de la pregunta 2 de la encuesta que pretenden medir la estrategia de los diferentes factores de la industria 4.0, y por el otro esta la pregunta número 3, donde se busca conocer el grado de percepción al implementar herramientas de industria 4.0

Esto hace necesario que se aplique a cada uno un análisis de componentes principales, para encontrar los factores de relación y dar el análisis confirmatorio requerido para los futuros investigadores, al aplicar el instrumento.

Se realiza la factorización de componentes principales (Varimax) para los primeros 36 ítems (Pregunta 2), reflejado en la tabla 11 con los siguientes resultados:

Tabla 11 Método de extracción: análisis de componentes principales

Comp	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acum.	Total	% de varianza	% acum	Total	% de varianza	% acum
1	11,616	32,266	32,266	11,62	32,266	32,27	7,6	21,112	21,112
2	6,599	18,332	50,598	6,599	18,332	50,6	4,88	13,557	34,669
3	4,468	12,412	63,01	4,468	12,412	63,01	4,034	11,206	45,875
4	3,168	8,8	71,809	3,168	8,8	71,81	3,969	11,026	56,901
5	2,796	7,766	79,575	2,796	7,766	79,58	3,902	10,84	67,741
6	2,163	6,007	85,582	2,163	6,007	85,58	3,202	8,894	76,634

7	1,743	4,842	90,424	1,743	4,842	90,42	3,138	8,716	85,35
8	1,033	2,869	93,293	1,033	2,869	93,29	2,859	7,943	93,293
9	0,793	2,203	95,496						
10	0,519	1,441	96,937						
11	0,408	1,132	98,069						
12	0,248	0,689	98,758						
13	0,184	0,51	99,268						
14	0,141	0,392	99,661						
15	0,122	0,339	100						
16	0	0	100						
17	0	0	100						
18	0	0	100						
19	0	0	100						
20	0	0	100						
21	0	0	100						
22	0	0	100						
23	0	0	100						
24	0	0	100						
25	0	0	100						
26	0	0	100						
27	0	0	100						
28	0	0	100						
29	0	0	100						
30	0	0	100						
31	0	0	100						
32	0	0	100						
33	0	0	100						
34	0	0	100						
35	0	0	100						
36	0	0	100						

Fuente: Autor

Se evidencia 8 componentes que concentran el 93.2%, como se refleja al realizar el respectivo gráfico de sedimentación:

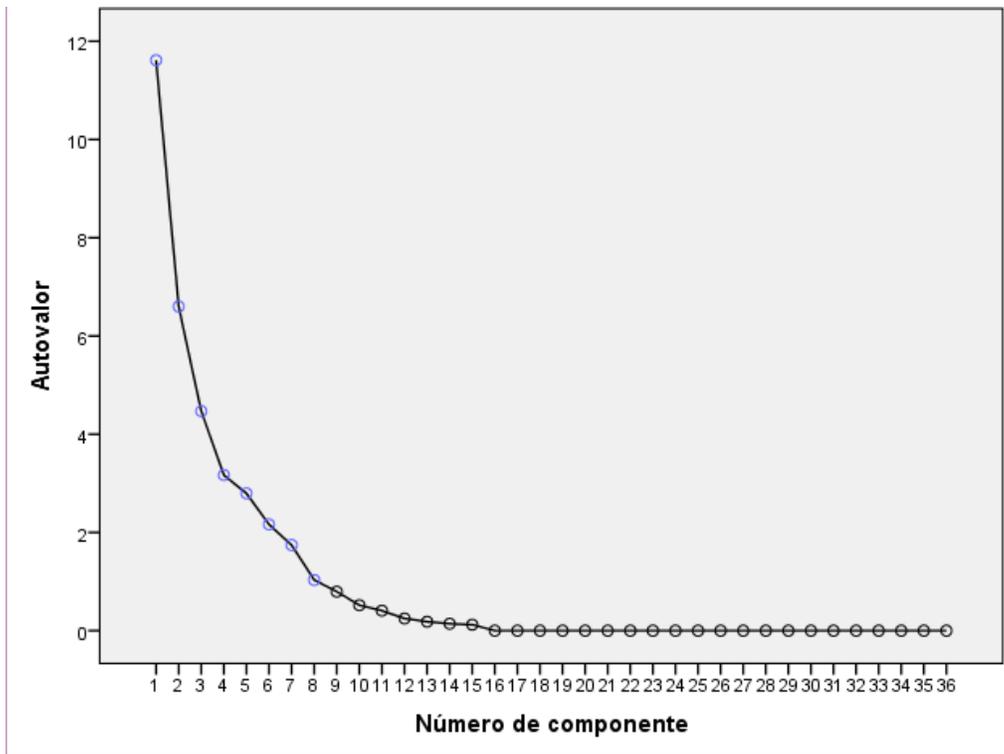


Gráfico 1 Sedimentación

Fuente: Autor

Por ello después de evidenciados los componentes principales, se procede a realizar la matriz de componentes, tomando como base la matriz rotada (Tabla 12), la cual ya organiza los componentes de mayor a menor para identificarlos de forma más rápida, con el siguiente resultado:

Tabla 12 Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: Autor

	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Optimización del producto.	,889		,260	,114	,236			,171
Control del producto.	,883	-,148	,125		,138	- ,176	,135	
Plataformas digitales con clientes.	,871		,278	,145			,256	
Puesta en marcha virtual.	,867		,138	- ,249	,165			,201
Plataformas digitales con proveedores.	,853		,362		,101	- ,144	,266	-,110
Conectividad del producto.	,836	,141		- ,293	-,269			,150
Monitoreo del producto.	,721		-,223		,211	- ,386	,380	,107
Plataformas digitales con otras unidades de la empresa.	,670		-,151	,129	-,316	,461	,163	-,156
Comunicación máquina a máquina (M2M).	,537	-,126	,429	,318	,186	,253	,197	,372
Realidad aumentada y virtual para el desarrollo de productos		,935		,157	,223			
Realidad virtual para la formación de trabajadores		,935		,157	,223			
Realidad aumentada para mantenimiento.		,935		,157	,223			
Sistema de mejora de la eficiencia energética.	-,113	,852	,215	- ,162		- ,220		,281
Sistema de control de eficiencia energética.	-,113	,852	,215	- ,162		- ,220		,281
Monitorización remota de la producción.	,376		,863	,180	,160	,161		
Operación remota de producción.	,457		,844		,138	,139	,104	
Autonomía del producto.	,490		,630	,136	,232		,442	,238
Internet de las cosas (IoT).	-,233	,101	,593	,326	,397	- ,354	,131	-,123

Identificación y trazabilidad de materias primas.			,854	,255		,108	,372
Controladores lógicos programables (PLC).		,291	,820	,196		,358	
Inteligencia artificial para el mantenimiento predictivo.	,346	,368	,732			,372	-,198
Robots industriales.		,459	,569	,520	- ,228	,150	-,205
Computación en la nube.	,449	-,176	- ,566	,335	,452	,208	
Robots colaborativos.	,126	,222	,260	,918	- ,116		
Fabricación aditiva.	,176	,143	,157	,872			,232
Identificación automática de no conformidades en producción.		,386	,105	,769	,151		,156
Inteligencia artificial para la planificación de la producción.	,103	,106	,501	,516	,562	- ,164	,260
Grandes datos					,952	-,118	,117
Analítica.	-,148		- ,139		,925	-,129	
Líneas flexibles y autónomas.	,291	,122		-,177	- ,177	,792	-,201
Sistema de Ejecución de Manufactura (MES).	,240		,149	,365	- ,156	,775	,380
Identificación y trazabilidad de productos finales.	,148		,380	,127	- ,210	,652	,547
Planificación de recursos empresariales (ERP).	,544		,250	,195	,166	,642	-,119
Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA).	,439	,121	,209	,159	,280		,780
Sensores interconectados		,517	-,161	,115			,762
Simulación de procesos.	,466		,532	,316	,295	,103	,532

a. La rotación ha convergido en 10 iteraciones.

Después de creados los 8 componentes que arroja como resultado la extracción de componentes rotados, es necesario buscar su relación y nombrarlos según la característica principal de agrupación como se evidencia en la tabla 13, terminando así el análisis a través de Varimax y confirmando las correlaciones en cada uno de los ítems.

Tabla 13 Nombres de los componentes creados y su relación

Componente	Nombre	Relación
1	Producción	Abarcan la mayoría de opciones que posee la industria 4.0 en temas de logística y producción, que permiten mejorar las plantas o lugares de producción.
2	Realidad	Su mayor relación la hacen debido a la Realidad Mixta tomando como un componente la realidad virtual y aumentada
3	Control	Su relación se basa en el monitoreo a los procesos, a la producción, esto se puede lograr de forma autónoma apoyados en las tecnologías IOT
4	Planeación	Los ítems agrupados poseen una fuerte relación con su naturaleza, ya que al combinarse se puede lograr una excelente planeación estratégica
5	Planta	Abarca todos aquellos elementos de industria 4.0 que pueden ser implementados en plantas productivas, automatizando procesos y actividades
6	Big data	Denominada así porque su mayor relación son los grandes datos y la forma de analizarlos.
7	Integración	El unir estos tres ítems reflejan la relación como parte de la estrategia de Industria 4,0, donde la integración mediante un mayor intercambio de información entre los integrantes de la cadena de valor permita agilizar procesos, mejorar los controles de calidad y adaptarse de forma más ágil a los cambios en las demandas del mercado, lo cual

permitirá que haga que la información fluya entre los diferentes niveles de la pirámide de automatización.

8	Automatización	Su relación es intrínseca, por ser componentes principales de los sistemas automáticos de producción
---	----------------	--

Fuente: Autor

Se procede a realizar el análisis de correlación a los 16 ítems de la pregunta 3, encontrado altos valores significativos como son la correlación entre reducción del tiempo de producción y Optimización de los niveles de calidad. con una correlación de .907, se encuentra de este tipo 11 correlaciones altas que podrían dar lugar 5 o 6 componentes si después de aplicada la prueba de kmo y barleth da por encima de .60 (Tabla 14).

Tabla 14 Prueba de KMO y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo	,376
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado
	2
	gl
	91
	Sig.
	,000

Fuente Autor

En la prueba de esfericidad de Bartlett se observa que el p valor es menor que .05 por lo que se rechaza la hipótesis de nulidad, no obstante es importante manifestar que esta prueba es

sensible al tamaño de la muestra, por ello se acude al KMO el cual nos da .376 encontrándose por debajo del < 0.6 recomendado para este tipo de análisis (Rodríguez et al., 2018) , debido a que las correlaciones entre pares de variables no pueden ser explicadas por otras variables, por consiguiente el análisis factorial no es aplicable.

Mediante el análisis de componentes principales se pudo comprobar que efectivamente los ítems planteados se pueden resumir finalmente en ocho factores que eliminan la información redundante, según las características presentadas, obteniendo ecuaciones lineales para cada uno de ellos, ofreciendo una estructura sólida que al implementarla en las pymes cada componente los guía a evaluar dichas características en su empresa.

Dados los resultados del alfa de Cronbach por encima de 0.9 la correlación de las variables y el análisis de componentes se puede establecer que el documento es válido, fiable y coherente, por lo que se puede proceder con su aplicación en las pymes de Bogotá.

12. CONCLUSIONES

El abordaje conceptual sobre la especialización inteligente de la industria 4.0, permite identificar la relevancia de abarcar todos los sectores productivos en los cuales tiene participación las Pymes de la ciudad de Bogotá, de tal manera que se obtenga en el estudio posterior a este trabajo de una investigación, una aproximación real y actualizada sobre la implementación de herramientas de producción 4.0 a fin de identificar su auge de crecimiento.

Al diseñar un instrumento de recolección de información que permitirá evaluar la implementación de tecnologías 4.0 en los procesos productivos en Pymes de la ciudad de Bogotá, utilizando escalas tipo liker y el método Temaguide, hace que se amplié el conocimiento de nuevos modelos para adquirir información, que permite conocer la actualidad de las pymes y a su vez los conceptos o conocimientos que se tiene sobre Industria 4.0. Este instrumento es una puerta a la realidad de las pymes y sirve como base para que a futuro después de aplicada se puedan empezar a crear estrategias inteligentes sobre cada sector.

Gracias a los análisis de fiabilidad (Cronbach), factorial (Componentes) y correlación (Pearson), se puede afirmar que el instrumento recoge la información de interés del objetivo general de la investigación, lo que confirma que está bien hecho y que las preguntas y las respuestas son relevantes y claras, permitiendo implementar modelos de validación como juicio de expertos, los cuales son métodos que enriquecen una investigación, orientan al

grupo investigador y transmiten conocimiento vital para la continuidad de la misma; al ser expertos externos a la investigación, se evita el sesgo y no induce a un error o preferencia de la persona que investiga, resaltan virtudes del trabajo realizado, aportan ideas y correcciones que modelan un instrumento o investigación que permita alcanzar la validez y confiabilidad requerida.

Dado lo anterior como conclusión final se establece que validar un instrumento para identificar las herramientas de producción 4.0 en pymes de la ciudad de Bogotá, era necesario y que aportará a futuros investigadores, dada la fiabilidad del mismo, que el haber estructurado el proyecto y utilizado los métodos anteriormente nombrados, logran entregar una base sólida para conocer y entender que es industria 4.0, sus pilares y la importancia de utilizar estrategias inteligentes para no incurrir en errores futuros. Entender que se ha evolucionado en el tiempo y que se pasó de tener una cuarta revolución industrial de transformación digital a una revolución industrial integrada, que utiliza lo físico y lo virtual para crear pilares extraordinarios, que el Big data ha aportado a la contribución de muchas pymes en el mundo, la nube ha permitido estar en línea, permitiendo tomar decisiones más acertadas, los robots autónomos ayudan a realizar tareas repetitivas mejorando las líneas de producción reduciendo tiempos y movimientos, la simulación ha permitido crear escenarios de capacitación, antes de hacerlo en la realidad, evitando accidentes y pudiendo corregir cosas antes de salir a la luz, la ciberseguridad y la fabricación aditiva han evolucionado el concepto de industria 4.0 y sin duda alguna la realidad mixta (virtual y aumentada), han evolucionado permitiendo llegar al ser humano a cosas que jamás pensó que vería fuera de una película de acción.

13. RECOMENDACIONES

Inicialmente es recomendable que la entrevista sea dirigida, dada la naturaleza de sus preguntas porque requiere una explicación del objetivo y los términos usados, no es viable enviar por correo electrónico, de forma masiva o en un formulario de Google o Microsoft, dada la naturaleza de sus preguntas requieren una breve introducción al objetivo, dado que en la pregunta de conocimiento de industria 4.0 la mayoría responde que no, se debe explicar brevemente que es, que lo compone y de esta forma el entrevistado pueda interactuar de forma más libre con el instrumento al saber que está siendo guiado

El entrevistador debe conocer la terminología usada en el instrumento, por ello se recomienda tomar como base este proyecto, sacar sus propias notas, con el fin de guiar al encuestado; se recomienda implementar en el desarrollo de la entrevista el manual realizado, el cual se puede utilizar como soporte al entrevistar, adicional a ello este documento se construyó pensando en ellos y en el éxito de la aplicación del instrumento.

Se recomienda realizar un estudio Bibliométrico por cada pilar de Industria 4.0, con el fin de profundizar en ellos, ya que es un terreno extenso de abarcar y la idea es crear conocimiento para estudios futuros que permitan encaminar a las pymes de Bogotá en este contexto.

La transformación digital empieza por cada uno, por ello implica en pymes cambiar la mentalidad de que Industria 4.0 se resume a una inversión en equipos y herramientas con nueva tecnología, la realidad es que las pymes deben cambiar su forma de pensar y cambiar

su estrategia de desarrollo, utilizando la especialización inteligente, por ello es importante crear investigaciones que permitan cambiar esta cultura, su mentalidad, con el fin de generar una reingeniería en cada pyme que requiera la intervención de las tecnologías emergentes, cambiando su modelo de negocio, lo cual permitirá mejorar la productividad, rendimiento y éxito.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arancegui, M. N., Querejeta, M. J. A., & Montero, E. M. (2012). Las estrategias de especialización inteligente: Una estrategia territorial para las regiones. *Cuadernos de Gestion*. <https://doi.org/10.5295/cdg.110310mn>
- Barranco Fragoso, R. (2012). ¿Qué es Big Data? *IBM DeveloperWorks*.
- Berkman, H., Jona, J., Lee, G., & Soderstrom, N. (2018). Cybersecurity awareness and market valuations. *Journal of Accounting and Public Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2018.10.003>
- Bojórquez, J., López, L., Hernández, M., & Jiménez, E. (2013). Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de satisfacción del estudiante en el uso del software Minitab. *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013)*.
- Buisán, M., & Valdés, F. (2017). LA INDUSTRIA CONECTADA 4.0. *La Economía Digital En España*.
- Buitrago Pulido, R. D. (2015). Incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas. *Educación y Educadores*. <https://doi.org/10.5294/edu.2015.18.1.2>
- Cantillo, D. (2011). Un país de PYMES. *El Espectador*.
- Chergui, A., Hadj-Hamou, K., & Vignat, F. (2018). Production scheduling and nesting in additive manufacturing. *Computers and Industrial Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.09.048>
- Chesbrough, H. (2011). Open Services Innovation: Rethinking Your Business to Grow and

Compete in a New Era. *Presentation*.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Confecamaras. (2017). Determinantes de la supervivencia empresarial en Colombia.

Cuadernos de Análisis Económico.

Confecámaras. (2018). Informe de Dinámica Empresarial en Colombia. In *Informe de*

dinámica empresarial en Colombia 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2010.05.004>

Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected

contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394.

<https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2018.08.019>

Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018b). The expected

contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>

Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018c). The expected

contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394.

<https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2018.08.019>

Daniel López-Pintor Martí, E. (2015). Análisis de Casos de Estudio sobre Industria 4.0 y

Clasificación según Sectores de actividad y Departamentos empresariales. *Riunet.Upv*.

de Bogotá, C. de C. (2005). Caracterización de las Cadenas Productivas de Manufactura y

Servicios en Bogotá y Cundinamarca. In *de Bogotá, Cámara de Comercio*.

Dinero. (2017). Mipymes generan alrededor del 67% del empleo en Colombia. *14 Abril*.

El Espectador. (2018). El 62% de las pymes colombianas no tiene acceso a financiamiento | ELESPECTADOR.COM.

Fallis, A. . (2013). Procesamiento de datos y analisis estadísticos utilizando SPSS. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>

Fundación COTEC. (2009). Pautas metodológicas en Gestión de la Tecnología y la Innovación en las empresas. *Tecnología y La Innovación “Portal de La Innovación de Canarias.”*

González Castro, Y., Peñaranda Peñaranda, M. M., & Manzano Durán, O. (2018). LA ESTRATEGIA DEL BIG DATA COMO FACTOR CLAVE DE COMPETITIVIDAD EN LAS EMPRESAS. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*. <https://doi.org/10.24054/16927257.v31.n31.2018.2765>

Google Acadêmico. (2018). Google Academico. *Google Inc.*
<https://doi.org/10.1126/science.1139024>

Hambleton, R. K. (1989). Principles And Selected Applications Of Item Response Theory. In *Educational Measurement*.

Herbert, B., Ens, B., Weerasinghe, A., Billinghamurst, M., & Wigley, G. (2018). Design considerations for combining augmented reality with intelligent tutors. *Computers and Graphics (Pergamon)*. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2018.09.017>

Hernandez Sampieri Roberto. (2014). Metodología de la investigación. In *Metodologia de*

- la investigacion*. <https://doi.org/>- ISBN 978-92-75-32913-9
- IMDECA. (2016). *Sistemas Avanzados de eficiencia productiva para la Industria 4.0*. Generalitat Valenciana.
- Isaza, J. J. (2016). Qué es integración vertical e integración horizontal.
- Jiménez, M., Porras, J., Domínguez, I. A., Romero, L., & Espinosa, M. del M. (2013). La fabricación aditiva. La evidencia de una necesidad. *Interempresas Industria Metalmecánica*.
- Kashmiri, S., Nicol, C. D., & Hsu, L. (2017). Birds of a feather: intra-industry spillover of the Target customer data breach and the shielding role of IT, marketing, and CSR. *Journal of the Academy of Marketing Science*. <https://doi.org/10.1007/s11747-016-0486-5>
- Kish, L. (2010). Moore's Law. In *Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Second Edition - Six Volume Set (Print Version)*. <https://doi.org/10.1201/noe0849396397.ch213>
- González G. Manuel (2018). DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE ADOPCIÓN DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL POR PARTE DE LAS EMPRESAS EN BOGOTÁ, APLICABLES A PYMES EN COLOMBIA. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Mezni, H., Aridhi, S., & Hadjali, A. (2018). The uncertain cloud: State of the art and research challenges. *International Journal of Approximate Reasoning*. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2018.09.009>
- Moral, M. T. O., Ferrá, M. P., & López, R. Q. (2013). Elaboración y validación de una escala de creencias de los alumnos de educación secundaria obligatoria respecto al

medio ambiente. *Profesorado*.

- Oussous, A., Benjelloun, F. Z., Ait Lahcen, A., & Belfkih, S. (2018, October 1). Big Data technologies: A survey. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Vol. 30, pp. 431–448. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2017.06.001>
- Pérez, M. V., & Rodríguez, F. M. (2004). Los avances en la medición del desarrollo tecnológico en la industria colombiana. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*.
- Reguant, M., Torrado, M., & Torrado-, M. (2016). El método Delphi Mercedes Reguant-Álvarez y Mercedes Torrado-Fonseca. *Revista d'Innovació i Recerca En Educació*. <https://doi.org/10.1344/reire2016.9.1916>
- Rodríguez, M. D., Ariza, Á. L. G., Pérez, A. H., & Mora, M. E. D. (2018). Análisis Factorial. In *Introducción al análisis estadístico multivariado aplicado. Experiencia y casos en el Caribe colombiano*. <https://doi.org/10.2307/j.ctvvn8c9.6>
- Roland Berger Strategy Consultants, Siepen, S., Grassmann, O., Rinn, T., & Blanchet, M. (2015). Industry 4.0 - The Role of Switzerland within a European manufacturing revolution. *Think Act*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4>
- Sachon, M. (2018). Cuando personas y máquinas trabajan juntos: Los pilares de la industria 4.0. *IEEM Revista de Negocios*.
- Salazar, J., & Silvestre, S. (2014). Internet de las cosas. *Universidad Católica*.
- Science direct. (2014). *Procedia Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.366>
- Telukdarie, A., Buhulaiga, E., Bag, S., Gupta, S., & Luo, Z. (2018). Industry 4.0 implementation for multinationals. *Process Safety and Environmental Protection*, 118, 316–329. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2018.06.030>

- Urbano, D., Toledano, N., Ribeiro-Soriano, D., Miguel, P., Fernández, R. R., Gardey, G. S., ... Toledano O'Farril, R. (2008). Análisis de las prácticas de recursos humanos en las pymes familiares de éxito.
- Vanderbilt, U. (2014). Manual De Procedimientos, Normas Y Funciones Del/la Encuestador(a). *Latin American Public Opinion Project (LAPOP) Barometro De Las Americas Vanderbilt University*.
- Velandia, L. N. M., Gómez, L. A. P., Piragauta, J. D., Herrera, F. S., Aros, C. G., Bello, G. P., & Bello, G. P. (2018). Computación en la nube. In *El papel de las tic en la transformación de la sociedad*. <https://doi.org/10.2307/j.ctv11wjdp.10>
- Vinyard, M., & Whitt, J. (2016). Scopus. *The Charleston Advisor*. <https://doi.org/10.5260/chara.18.2.52>
- Xu, L. Da, He, W., & Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753>
- A. Schumacher, S. E. (2016). *Science Direct*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527318303372#bib81>
- Ahmed Oussous, F.-Z. B. (10 de 2018). Big Data technologies: A survey,. *Revista de la Universidad Rey Salud - Informatica y ciencias de la información*, 431-448. Obtenido de (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157817300034>)
- Akram Chergui, K. H.-H. (2018). Production scheduling and nesting in additive manufacturing, *Computers & Industrial Engineering*., 126, Pages 292-301,. Obtenido de (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835218304649>)
- Basogain, X. O. (2012). *Realidad Aumentada en la*. Bilbao, España: ESIGELEC.

- Bradley Herbert, B. E. (2018). Design considerations for combining augmented reality with intelligent tutors, *Computers & Graphics*,. Pages 166-182,. Obtenido de (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0097849318301523>)
- Ceballos, J. L. (2016). *Industria 4.0*. Economía Argonesa. Obtenido de <http://gorilaa.com/resources/o6loOSw1mk/6a204800660741ecb9de0cb060c8a024.pdf#page=111>
- Cruz, R. J. (2014). MICROINNOVACIÓN, UNA ESTRATEGIA PARA EL CRECIMIENTO DE LAS PYMES. *Trabajo de grado para maestria*. México: Upnesa. Obtenido de <http://148.204.210.201/tesis/1409766637713TESISFINAL.pdf>
- Data, O. B. (2018). *ORACLE*. Obtenido de <https://www.oracle.com/co/big-data/guide/what-is-big-data.html>
- David Chaves Diéguez, d. d. (06 de Septiembre de 2018). *gradient*. Obtenido de <https://www.gradient.org/blog/el-camino-hacia-industria-4-0/>
- E. Ras, F. W. (2017). *Science Direct*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527318303372#bib75>
- Ecoeficiencia. (2016). Los 9 pilares de la Industria 4.0 (1). Obtenido de <https://www.ecointeligencia.com/2016/06/9-pilares-industria-40-1/>
- El Tiempo. (28 de Mayo de 2004). PYMES AUMENTAN SI SE ATACA LA INFORMALIDAD. *EL TIEMPO*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1558526>
- El tiempo. (2014). *EL TIEMPO.COM*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento-2013/CMS-13991539>

- Empresarial, V. d. (2009). *mipymes*. Obtenido de <http://www.mipymes.gov.co/loader.php?lServicio=Documentos&lFuncion=verPdf&id=41096&name=ReporteMipymes03.pdf&prefijo=file>
- García, M. F. (2018). Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16120/1/PROYECTO%20GRADO%20MANUEL%20FELIPE%20GONZALEZ.pdf>
- González, O. A. (2013). *INTEGRACIÓN VERTICAL E INTEGRACIÓN HORIZONTAL*. México: ANFECA. Obtenido de <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xviii/docs/16.05.pdf>
- Instituto Valenciano de competitividad empresarial. (1 de Julio de 2016). Sistemas Avanzados de eficiencia productiva para la Industria 4.0. Obtenido de http://intranet.aidimme.es/acceso_externo/difusion_proyectos/adjuntos_resultados/E1.1_COLAB_SAIN4_IMDECA201635_AIDIMME_2016.pdf
- J. Huxtablea, D. S. (2016). sobre la servitización de la industria manufacturera en el Reino Unido. pp. 46 - 51. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361518303658#bib0065>
- K. Gunasekera, A. N. (2018). Experiences in building an . pp. 155–162.
- Kagermann H, W. W. (Junio de 2014). *Recomendaciones para implementar la iniciativa estratégica INDUSTRIE 4.0*. Obtenido de IEEE Xplore: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6839101&isnumber=6839098>
- Kirvit. (s.f.). *KIRVIT*. Obtenido de <https://kirvit.com/la-empresa/#1484627170862-70311fef-1b04>
- Lanz, L. (22 de Marzo de 2018). *openwebinars*. Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/que-es-la-ciberseguridad/>
- López, L. M. (Marzo de 2018). Retos y Tendencias de la Transformación Digital para la Empresa Colombiana: Desafío de personas no de tecnología. *Trabajo de grado Universidad Militar Nueva Granada*. Bogotá. Obtenido de

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17490/MarulandaLopezLuisaMaria2018.pdf?sequence=1>

- Lucas Santos Dalenogare, G. B. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance., *Revista Internacional de Economía de la Producción*, 383-394,. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>.
- M. Brettel, N. F. (2014). *Google Scholar*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527318303372#bib13>
- Mana Farshid, J. P. (2018). Go boldly!: Explore augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mixed reality (MR) for business, *Business Horizons*., Pages 657-663,. Obtenido de (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000768131830079X>)
- Mateu, E. (16 de Agosto de 2017). *Sothis*. Obtenido de <https://www.sothis.tech/fabricas-digitales-primer-paso-hacia-la-industria-4-0/>
- Mazon-Olivo, D. H.-R.-S. (2018). Rules engine and. *154*, pp. 347–360, 2018.
- Merino, I. (19 de Abril de 2015). *Hipertextual*. Obtenido de <https://hipertextual.com/2015/04/ley-moore>
- Mizar*. (14 de Julio de 2016). Obtenido de <http://mizaradditive.com/que-es-fabricacion-aditiva/>
- ML Ettredge, V. R. (2003). Transferencia de información entre empresas de Internet: el caso de ataques de hackers. pp. 71 - 82. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278425418302370#b0145>
- Nelson Sanchez-Pinto, Y. L. (11 de 2018). Big Data and Data Science in Critical Care., *Volume 154, Issue 5*., Pages 1239-1248,. Obtenido de (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012369218307256>)
- Ors, M. (Febrero de 2015). Cómo Siemens promueve la cuarta revolución industrial. (A. Economica, Ed.)
- P. Mell, T. G. (2011). La definición de NIST de Cloud Computing. *Instituto Nacional de Estándares y Tecnología*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888613X18300574#br0120>
- Pao. (2018). *Next U*. Obtenido de <https://www.nextu.com/blog/6-caracteristicas-de-la-computacion-en-la-nube/>

- Peña, M. D. (2018). Marco para la evaluación en la implementación de la Industria 4.0. Sevilla. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12456/fichero/PFC-2456-SANCHEZ.pdf>
- R. Kune, P. K. (2016). La anatomía de la computación de grandes datos. pp. 79 - 105. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/spe.2374>
- Roland Berger Strategy Consultans. (2014). *INDUSTRY 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed*. BEYOND MAINSTREAM. Obtenido de http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_2014_0403.pdf.
- Romero, J. M. (17 de Octubre de 2018). *Profesionistas*. Obtenido de <https://profesionistas.org.mx/los-robots-autonomos-y-la-industria-4-0/>
- S. Kashmiri, C. N. (2017). Aves de una pluma: desbordamiento dentro de la industria de la violación de datos del cliente objetivo y el papel de protección de la misma, el marketing y la RSE. pp. 208 - 228. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11747-016-0486-5>
- Sáenz, C. C. (2016). *Biblioteca uni roja*. Obtenido de https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE002004.pdf
- Team, T. I. (15 de Marzo de 2018). *Telefonica*. Obtenido de <https://iot.telefonica.com/blog/cinco-claves-del-iot-en-la-industria-40>
- Telefónica, F. (2011). Realidad aumentada: una nueva lente para ver el mundo. Barcelona, España: Ariel.

15. ANEXOS

Anexo A. ENCUESTA FINAL

ENCUESTA SOBRE EL ANÁLISIS DEL ABORDAJE DE HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN 4.0 EN PYMES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

OBJETIVO

El objetivo de esta encuesta es analizar las limitaciones y oportunidades vinculadas con la implementación de tecnologías 4.0 en los procesos productivos en Pymes de la ciudad de Bogotá

En cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 "Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales" y su Decreto Reglamentario 1377 del 2013, solicitamos su autorización para tratar (almacenar, usar y circular a terceros) los datos personales e información. Los datos suministrados son fundamentales para el cumplimiento de los fines de la investigación y serán usados para ello. Como titular del dato personal, usted podrá ejercer sus derechos a conocer, actualizar, rectificar, modificar, acceder o solicitar la supresión de un dato o revocar la autorización otorgada, mediante comunicación a través del correo electrónico rbuitragop@ecci.edu.co. En virtud de lo anterior AUTORIZO de manera voluntaria, previa, explícita, informada e inequívoca al titular del proyecto para tratar mis datos personales de acuerdo con la Política de Tratamiento de Datos Personales y para los fines relacionados.

IDENTIFICACIÓN

Razón social (Sólo si es una sociedad):

NIT:

Personas naturales (Nombres y Apellidos):

Tipo de documento:

Número de identificación:

Actividad económica del establecimiento, sucursal o agencia (CIU):

Descripción de la actividad económica:

Nombre de la persona encuestada:

Cargo:

UBICACIÓN

País:

Departamento:

Ciudad o Municipio:

Dirección:

Correo electrónico:

ENCUESTA

1. Determine su nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación

Conozco que es la INDUSTRIA 4.0

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

La adopción de tecnologías de la INDUSTRIA 4.0 proporciona mejoras para la empresa

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

La INDUSTRIA 4.0 permite organizar productos, procedimientos y procesos inteligentes, mediante la implementación de tecnología, para que los dispositivos puedan comunicarse entre ellos de forma autónoma a lo largo de la cadena de valor.

2. De acuerdo con lo anterior, determine el nivel de implementación de tecnologías de la INDUSTRIA 4.0 en su empresa, de acuerdo con la siguiente escala.

No hay implementación	Media implementación	Alta implementación	Avanzada implementación	
No hay evidencia en la empresa sobre la implementación de la tecnología.	La empresa está ejecutando un proyecto para la implementación de la tecnología.	La empresa cuenta con la tecnología implementada.	La implementación de la tecnología genera aprendizaje empresarial y tecnológico.	
	No hay implementación	Media implementación	Alta implementación	Avanzada implementación
Sensores interconectados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Controladores lógicos programables (PLC).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema de Ejecución de Manufactura (MES).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planificación de recursos empresariales (ERP).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comunicación máquina a máquina (M2M).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puesta en marcha virtual.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simulación de procesos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inteligencia artificial para el mantenimiento predictivo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Inteligencia artificial para la planificación de la producción.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robots industriales.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Identificación automática de no conformidades en producción.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Identificación y trazabilidad de materias primas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Identificación y trazabilidad de productos finales.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fabricación aditiva.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Líneas flexibles y autónomas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema de control de eficiencia energética.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema de mejora de la eficiencia energética.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conectividad del producto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Monitoreo del producto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Control del producto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Optimización del producto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autonomía del producto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plataformas digitales con proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plataformas digitales con clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plataformas digitales con otras unidades de la empresa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Monitorización remota de la producción.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Operación remota de producción.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realidad aumentada para mantenimiento.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realidad virtual para la formación de trabajadores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realidad aumentada y virtual para el desarrollo de productos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robots colaborativos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internet de las cosas (IoT).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Computación en la nube.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grandes datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analítica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Determine su nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación.

La implementación de herramientas de la Industria 4.0 supone:

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Una reducción del tiempo de producción.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Optimización de los niveles de calidad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentar ingresos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disminución de costos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mayor seguridad en los procesos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción más flexible.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flujo de datos más eficiente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mayor competitividad empresarial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adaptación de nuevo métodos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desigualdad social.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personal más especializado y con mayor remuneración.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mayor inversión.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dependencia tecnológica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obsolescencia
de la
tecnología.

○

○

○

○

○

**Anexo B. DEFINICIONES ÍTEMS ENCUESTA PREGUNTA 2 COMO MANUAL
PARA EL ENTREVISTADOR.**

ÍTEM	DEFINICIÓN
Sensores interconectados.	La combinación de tecnología de sensores interconectados permite gestionar y optimizar los distintos nodos y acciones que se producen en determinados lugares de una empresa, rutas más rápidas de acceso, distribución, reducción de luces entre muchos beneficios más
Controladores lógicos programables (PLC).	“Sistema electrónico operando digitalmente, diseñado para uso en ambiente industrial, el cual usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones de usuario orientadas para implementar funciones específicas tales como lógica, secuencias, retardos, conteo y aritmética para control de varios tipos de máquinas o procesos a través de entradas y salidas digitales o analógicas”.
Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA).	Tecnología utilizada en estaciones remotas, se pueden hacer ajustes controlables como monitorear un estado de alarma, facilita a los programas necesarios monitorear todo a distancia
Sistema de Ejecución de Manufactura (MES).	Con este sistema es posible acceder a la información en tiempo real y su enfoque es en procesos de manufactura.
Planificación de recursos empresariales (ERP).	Integra datos y procesos, son de gran utilidad en las finanzas, recursos humanos entre otros, porque permite organizar y delegar tareas de forma más rápida. Permite gestionar, integrar toda la información de una organización. ejemplo SAP
Comunicación máquina a máquina (M2M).	M2M (Machine-to-Machine) se refiere a la comunicación entre máquinas. Una máquina puede ser un dispositivo electrónico, un robot, un automóvil, un motor industrial, cualquier cosa que no sea una persona. Esa máquina tiene que comunicar por Internet con un servidor.
Puesta en marcha virtual.	Funciona como célula robotizada, permite la simulación de proyectos de ingeniería para ser más eficientes. Es comúnmente utilizada en construcción, para simular procesos y productos antes de llevarlos a cabo
Simulación de procesos.	Cuenta con herramientas y análisis de diseños, ayuda a la optimización y monitoreo de los procesos.
Inteligencia artificial para el mantenimiento predictivo.	Es una estrategia para el mantenimiento de equipos para monitorear anomalías y fallas.

Inteligencia artificial para la planificación de la producción.	Apoya la producción de planes con diferentes enfoques que se aplican a las teorías de planificación, ayuda a la toma de decisiones en un negocio.
Robots industriales.	Es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas.
Identificación automática de no conformidades en producción.	Es muy utilizada en plantas de producción, donde se debe cumplir con altos estándares de calidad, ya que a las máquinas se les puede programar para que tengan cierta cantidad de medidas, temperatura o molde y que generen alarmas para aquellos productos que no cumplan con los parámetros preestablecidos
Identificación y trazabilidad de materias primas.	En producción se utiliza para identificar el lote, el código de barras, la referencia con el fin de distribuir de forma congruente y acorde a lo necesitado por cada área en temas de materia prima
Identificación y trazabilidad de productos finales.	Utilizada altamente en distribución de productos, transporte, permite ubicar en tiempo real donde se encuentra el producto y así planear una producción con tiempos de entrega cumplibles
Fabricación aditiva.	Técnica para producir formas geométricas, pueden ser personalización 3D, donde permite crear varias unidades de determinado producto realizado en un software.
Líneas flexibles y autónomas.	Altamente utilizada en el sector de automóviles, dada a su tendencia a la fabricación en línea, con robot automatizados que permite realizar el trabajo de ensamble, pintura y secado más rápido que si lo realizara un humano
Sistema de control de eficiencia energética.	Son sistemas que permite ahorrar energía, ejemplo de ello son las luces de las autopistas quienes solo se enciende por proximidad de un auto o peatón, también usados en la industria para que las maquinas después de cierto tiempo de inactividad se suspendan.
Sistema de mejora de la eficiencia energética.	Permite realizar estudios dada la recolección de datos de ventos anteriores, medir, analizar y tomar decisiones apropiadas para reducir el uso de energía y mejorar su uso, enfocándolo según la necesidad puntual de las empresas
Conectividad del producto.	Importante en las pymes ya que permite estar conectado, un ejemplo de ello puede ser la nube o las ventas por ecommers que han crecido en los últimos años, el tenerlos en línea hace que se pueda llagar a más personas y comercializar de una forma más rápida y optima
Monitoreo del producto.	Monitoreo de producto en línea, se puede saber en qué estado de la cadena de producción esta, cuanto tarda, ejemplo de ello son los graneros, ya que necesitan saber cada cuanto aplicar agua, mantener temperaturas y evitar plagas

Control del producto.	Poseen tres puntos clave, Supervisión, Control, Campo, cada ítem posee un supervisor, controladores y los elementos de campo requeridos, lo que permite analizar tendencias y gestionar informes, recolectar datos y de esta forma optimizarla y utilizarla de forma adecuada
Optimización del producto.	Representa las herramientas de reducción de costes a su vez mejora la calidad del producto.
Autonomía del producto.	
Plataformas digitales con proveedores.	Esta permite conectar proveedores con clientes, habilitar modelos de negocios digitales
Plataformas digitales con clientes.	Se define como la compra impulsada que crean una nueva relación por medio de una experiencia digital.
Plataformas digitales con otras unidades de la empresa.	Es un grupo de tecnologías que se conectan con software y otras plataformas para permitir un funcionamiento.
Monitorización remota de la producción.	Permite la localización control y supervisión de datos, alarmas para optimizar tiempos de elaboración.
Operación remota de producción.	Es la supervisión continua inciden en la integración de personas, procesos de trabajo y tecnología para la toma de decisiones inteligentes
Realidad aumentada para mantenimiento.	Una de las soluciones que ofrece la realidad aumentada en procesos de mantenimiento es que facilita el trabajo del operario con soluciones como la de guiado tanto en exteriores como en interiores.
Realidad virtual para la formación de trabajadores.	Capacitar a sus empleados en ambientes seguros sin alterar la realidad, dando así la capacidad de enfrentar situaciones difíciles y reales sin afectar la satisfacción del cliente final, ni el proceso en la cadena de valor
Realidad aumentada y virtual para el desarrollo de productos.	Es una de las herramientas más usadas en departamentos como marketing, distribución, logística, permite diseñar antes de hacer reales los productos, prototipos que permiten moldear, mejorar y reinventar productos actuales
Robots colaborativos.	Una nueva generación de robots que se integra con los humanos en entornos de fabricación, permitiendo trabajar de una manera estrecha a robots y personal humano sin restricciones de seguridad requeridas en aplicaciones típicas de robótica industrial.
Internet de las cosas (IoT).	es la interconexión de objetos livianos con internet, lo cual permite el intercambio automático de otros dispositivos o centros de control sin intervención humana capturando información clave, creando así oportunidades únicas para empresas, personas y ciudades

Computación en la nube.	es un nuevo modelo de prestación de servicios que permite ofrecer a los usuarios un acceso bajo demanda a través de Internet a servicios dinámicos y escalables que incluyen computación, almacenamiento, red, plataforma, software, et. La computación en la nube tiene cinco características principales: autoservicio a pedido, acceso amplio a la red, agrupación de recursos, elasticidad rápida, servicio medido.
Grandes datos.	se refiere a grandes conjuntos de datos en crecimiento que incluyen formatos heterogéneos: datos estructurados, no estructurados y semiestructurados
Analítica.	Abarca la recopilación, medición, análisis, visualización e interpretación de datos digitales que ilustran el comportamiento del usuario en sitios web, sitios y aplicaciones móviles.

Fuente: Autor

Anexo C OBSERVACIONES FÍSICAS DE UN EXPERTO

ENCUESTA SOBRE EL ANÁLISIS DEL ABORDAJE DE HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN 4.0 EN PYMES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

OBJETIVO

El objetivo de esta encuesta es analizar las limitaciones y oportunidades vinculadas con la implementación de tecnologías 4.0 en los procesos productivos en Pymes de la ciudad de Bogotá.

POLITICA DE TRATAMIENTO DE DATOS

En cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 "Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales" y su Decreto Reglamentario 1377 del 2013, solicitamos su autorización para tratar (almacenar, usar y circular a terceros) los datos personales e información suministrada en este documento. Los datos informados son fundamentales para el cumplimiento de los fines de la investigación y serán usados para ello. Como titular del dato personal, usted podrá ejercer sus derechos a conocer, actualizar, rectificar, modificar, acceder o solicitar la supresión de un dato o revocar la autorización otorgada, mediante comunicación a través del correo electrónico rbuitragop@ecci.edu.co.

En virtud de lo anterior Yo Jorge Andrés Lora Rodríguez identificado con C.C. 90173362 de Bogotá AUTORIZO de manera voluntaria, previa, explícita, informada e inequívoca al titular del proyecto para tratar mis datos personales de acuerdo con la Política de Tratamiento de Datos Personales y para los fines relacionados.

Firma: [Firma] Fecha: 24/07/19

IDENTIFICACIÓN

Razón social (Sólo si es una sociedad): _____

NIT: _____

Personas naturales (Nombres y Apellidos): Jorge Andrés Lora Rodríguez

Tipo de documento: cc

Número de identificación: 90173362

Actividad económica del establecimiento, sucursal o agencia (CIU): Telecomunicaciones

Descripción de la actividad económica: _____

UBICACIÓN

País: Colombia

Departamento: Cundinamarca

Ciudad o Municipio: Bogotá

Dirección: Av. Marte # 114-15

Correo electrónico: Jorge.a.lora@telebrica.com

las demás ya existen, no se
 Come 4.0

Industria 4.0

	No hay implementación	Baja implementación	Media implementación	Alta implementación	Avanzada implementación
Sensores, actuadores y controladores lógicos programables (PLC).	<input type="radio"/>				
Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA).	<input type="radio"/>				
Sistema de Ejecución de Manufactura (MES).	<input type="radio"/>				
Planificación de recursos empresariales (ERP).	<input type="radio"/>				
Comunicación máquina a máquina (M2M).	<input type="radio"/>				
Puesta en marcha virtual.	<input type="radio"/>				
Simulación de procesos.	<input type="radio"/>				
Inteligencia artificial para el mantenimiento predictivo.	<input type="radio"/>				
Inteligencia artificial para la planificación de la producción.	<input type="radio"/>				
Comunicación máquina a máquina (M2M).	<input type="radio"/>				
Robots industriales.	<input type="radio"/>				
Identificación automática de no conformidades en producción.	<input type="radio"/>				
Identificación automática y trazabilidad de materias primas.	<input type="radio"/>				
Identificación y trazabilidad de productos finales.	<input type="radio"/>				
Fabricación aditiva.	<input type="radio"/>				
Líneas flexibles y autónomas.	<input type="radio"/>				
Sistema de control de eficiencia energética.	<input type="radio"/>				
Sistema de mejora de la eficiencia energética.	<input type="radio"/>				
Conectividad del producto.	<input type="radio"/>				

4.0

4.0

4.0

4.0

ENCUESTA

1. Determine su nivel de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones

Conozco que es la INDUSTRIA 4.0

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

La adopción de tecnologías de la INDUSTRIA 4.0 proporciona mejoras para la empresa

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

2. Determine el nivel de implementación de tecnologías de la INDUSTRIA 4.0 en su empresa, de acuerdo a la escala que está disponible en la siguiente tabla.

Tabla 1. Escala de valoración

No hay implementación	Baja implementación	Media implementación	Alta implementación	Avanzada implementación
No hay evidencia en la empresa sobre la implementación de la tecnología.	La empresa reconoce la existencia de la tecnología a partir de análisis internos o información externa.	La empresa está ejecutando un proyecto para la implementación de la tecnología.	La empresa cuenta con la tecnología implementada.	La implementación de la tecnología genera aprendizaje empresarial tecnológico.

Avia ser: Baja → No conoce q' es 4.0 industry.

media → conoce beneficios y está en su plan de años futuros (23 años)

Creo q' ninguna empresa en el país a la fecha lo tiene, esto está iniciando empresas grand...

Mayor seguridad en los procesos.	<input type="radio"/>				
Producción más flexible.	<input type="radio"/>				
Flujo de datos más eficiente.	<input type="radio"/>				
Mayor competitividad empresarial.	<input type="radio"/>				
Adaptación de nuevo métodos.	<input type="radio"/>				
Desigualdad social.	<input type="radio"/>				
Personal más especializado y con mayor remuneración.	<input type="radio"/>				
Mayor inversión.	<input type="radio"/>				
Dependencia tecnológica.	<input type="radio"/>				
Obsolescencia de la tecnología.	<input type="radio"/>				

si es más caro a la empresa no le interesa

- a. > producción ^{-automatizar}
 < fallas calidad
 > mejora procesos
 > mantener ind. operaciones
 > análisis de información en big data para conocer mejor sus clientes o mdo.

- b. < mano obra
 < Accidentes
 < Pérdida material

Anexo D. OBSERVACIONES EXPERTOS

En la escala del punto 2 (Escala Valoración), considero que la que indica baja implementación sobraría ya que se dice que se reconoce la tecnología, es hablar como de un piloto o demás, como sugerencia dejaría una escala que indique conoce el ítem o tecnología, luego no existe implementación, y por último baja, medía y alta. Por lo demás es una encuesta bien estructurada y llevara a otorgar los datos requeridos para el foco del proyecto

Es muy importante que este tipo de encuestas este siempre acompañada para poner en contexto a la persona entrevistada, entiendo que es el foco sin embargo es importante resaltarlo, como sugerencia en la pregunta S e debe contextualizar primero a la persona antes de empezar a preguntar, eso debido a que las compañías llaman la tecnología o algún proceso como cada quien le guste y al revisar todo va enfocado a Industria 4.0, un ejemplo es aquí en telefónica es el proyecto WAYRA, todos lo conocen y saben que compone y como funciona, en el está geolocalización, IOT, sensores, actuadores y demás pero si los encuestamos preguntando tenemos proyectos de industria 4.0 indicaran que no. Por último, en el punto dos la escala está bien, pero considero que la baja implementación es muy subjetiva y va asociada también a media, pueden tomar un piloto o prueba como un proyecto e indicar media y los ítems actuadores, sensores, es similar al ítem simulación de procesos, si van a hablar de M2M, también se debe nombrar los demás complementos Small Screen, B2B, Señal GO TO HOME.

Para la autorización de datos debería estar la información precargada, es decir nombre y Nit de la empresa al igual que el código CIIU, da más seguridad al entrevistado, al igual que la mayoría de personas no se saben esos datos

La escala del punto dos sugeriría: Baja: No conoce que es industria 4.0 y su empresa tampoco

Medía: Conoce beneficios y está en su plan de trabajo o el de su empresa

Alta: La empresa posee un plan de implementación de 1.2...5...N AÑOS.

En alta implementación o avanzada sobra en mi concepto, ya que en Colombia solo se ha implementados en dos o máximo 3 empresas y son grandes del Sector y minero y de puertos, las pymes no tienen ninguna implementación según los últimos estudios realizados por el ministerio de las TICS.

1. En la escala de valoración Retiraría no hay implementación o baja implementación, porque tú no vas a encuestar a toda la empresa solo a un contacto lo que podría sesgar la entrevista, teniendo en cuenta que en muchas ocasiones por desconocimiento no sabes si se ha implementado algún tipo de tecnología que ciertas áreas de una compañía desconocen
2. Para la escala de ítems se deben tomar solo los que marque en la hoja como Industria 4.0, los demás existían antes de la 4 revolución por ende no se deben tomar como industria 4.0.
3. Ingresar dentro de tu escala los sensores interconectados esos si hacen parte de industria 4.0 los demás sensores ya existían

4. En el punto 3 dividiría la escala o las opciones en a y b, donde a sería Aumentar ingresos y b Reducir costo es el foco de implementar industria 4.0

5. Retiraría la opción personal más especializado y con mayor remuneración si es más costoso a la empresa no le interesa y más a una pyme que en muchos casos no posee ningún tipo de financiación.

Bueno, creo que los puntos de la escala de valoración están bien incluyendo las modificaciones que sugiere Humberto que ya te debió escribir por aquí, adicional a todo lo tratado en reunión te sugeriría en la escala del punto tres los siguientes ítems

Te recomendaría así:

AUMENTAR INGRESO

- A) Producción
- B) Fallas en la calidad
- C) Mejora procesos
- D) Mantener indicadores de operación
- E) Análisis e información en big data para conocer mejor sus clientes o el sector

REDUCIR COSTOS

- A) Mano de obra
- B) Perdida de material
- C) Accidentes
- D) Enfermedades Profesionales

Lo anterior hace llamativa la implementación de Industria 4.0 y son los mayores ítems de éxito en las compañías, por estos ítem es que las empresas del sector de telecomunicaciones, minero, puertos y producción en masa implementan Big data, club, IOT, soluciones verticales entre todos los demás pilares de esta Industria

Anexo E CONSULTAS Y CÁMARAS DE COMERCIO DE ALGUNAS DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS.

CASTAÑEDA FINO CLARA LEVEL

Mátrícula N° 02781667

Tipo de organización PERSONA NATURAL

Búsqueda de Expedientes > Selección de Carpeta > Consulta de Formularios > Formularios Encontrados

Consulta de Formularios
Formularios Encontrados

Seleccione el formulario que desea visualizar:

Se encontraron 3 formularios

Matrícula	Año	N° Registro	N° Documento
02781667 CASTAÑEDA FINO CLARA LEVEL	2017		28071030 >
02781667 CASTAÑEDA FINO CLARA LEVEL	2019		38936198 >
02781667 CASTAÑEDA FINO CLARA LEVEL	2018		32163188 >

FORMULARIO DEL REGISTRO ÚNICO EMPRESARIAL Y SOCIAL RUES



Hoja 1

<p>Diligencie a máquina o letra impresa los datos. No se admiten tachones ni enmendaduras. En los términos del artículo 166 del Decreto 019 de 2012, y 23 del Código de Comercio, cualquier modificación de la información reportada debe ser actualizada. En los términos del artículo 36 del Código de Comercio, la Cámara de Comercio podrá solicitar información adicional. Autorizo el uso y divulgación de toda la información contenida en este formulario y sus anexos, para los fines propios de los registros públicos y su publicidad.</p>		<p>Para uso exclusivo de la Cámara de Comercio Código Cámara y Fecha Radicación</p>	
INFORMACIÓN DEL REGISTRO			
REGISTRO MERCANTIL / VENDEDORES DE JUEGOS DE SUERTE Y AZAR / SOCIEDAD CIVIL		REGISTRO ENTIDADES SIN ANIMO DE LUCRO / ECONOMIA SOLIDARIA / VEEDURIAS CIUDADANAS / ONG'S EXTRANJERAS	
REGISTRO ÚNICO DE PROPONENTES			
MATRÍCULA / INSCRIPCIÓN <input type="checkbox"/> RENOVACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> TRASLADO DE DOMICILIO <input type="checkbox"/> AJUSTE DE INFORMACIÓN FINANCIERA <input type="checkbox"/> N° MATRÍCULA / INSCRIPCIÓN: 02781667 Año que renueva: 2 0 1 9 TIPO GENERAL DE ORGANIZACIÓN (Revisar las instrucciones del formulario RUES) <input type="checkbox"/> TIPO ESPECÍFICO DE ORGANIZACIÓN (Revisar las instrucciones del formulario RUES) <input type="checkbox"/>	INSCRIPCIÓN <input type="checkbox"/> RENOVACIÓN <input type="checkbox"/> TRASLADO DE DOMICILIO <input type="checkbox"/> AJUSTE DE INFORMACIÓN FINANCIERA <input type="checkbox"/> No. DE INSCRIPCIÓN: <input type="text"/> Año que renueva: <input type="text"/>	INSCRIPCIÓN <input type="checkbox"/> ACTUALIZACIÓN <input type="checkbox"/> RENOVACIÓN <input type="checkbox"/> CANCELACIÓN <input type="checkbox"/> ACTUALIZACIÓN POR TRASLADO DE DOMICILIO, INDIQUE LA CÁMARA DE COMERCIO ANTERIOR <input type="checkbox"/> No. DE INSCRIPCIÓN: <input type="text"/>	
IDENTIFICACIÓN			
Persona Jurídica RAZÓN SOCIAL: <input type="text"/> SIGLA: <input type="text"/>			
Personas Naturales PRIMER APELLIDO: CASTAÑEDA FINO CLARA LEVEL SEGUNDO APELLIDO: <input type="text"/> PRIMER NOMBRE: <input type="text"/> SEGUNDO NOMBRE: <input type="text"/>			
NIT: <input type="text"/> D.V.: <input type="text"/>			
IDENTIFICACIÓN No: 0 0 0 5 1 8 7 9 8 9 1 FECHA EXPEDICIÓN: 9/12/1985 LUGAR EXPEDICIÓN: BOGOTÁ D.C. TIPO: C.C. <input checked="" type="checkbox"/> C.E. <input type="checkbox"/> T.I. <input type="checkbox"/> PASAPORTE <input type="checkbox"/> PAÍS: <input type="text"/>			
No. IDENTIFICACIÓN TRIBUTARIA EN EL PAÍS DE ORIGEN: <input type="text"/> PAÍS ORIGEN: <input type="text"/> No. IDENTIFICACIÓN TRIBUTARIA SOCIEDAD O P. NATURAL DEL EXTRANJERO CON EP (Establecimiento Permanente): <input type="text"/>			
UBICACIÓN Y DATOS GENERALES			
INFORMACIÓN GENERAL			
DIRECCIÓN DE DOMICILIO PRINCIPAL: CR 9 2 A 17 ZONA: URBANA <input type="checkbox"/> RURAL <input type="checkbox"/> CÓDIGO POSTAL: 000204			
UBICACIÓN LOCAL <input type="checkbox"/> OFICINA <input type="checkbox"/> LOCAL Y OFICINA <input type="checkbox"/> FABRICA <input type="checkbox"/> VIVIENDA <input type="checkbox"/> FINCA <input type="checkbox"/>			
MUNICIPIO: BOGOTÁ D.C. 0 0 1 DEPARTAMENTO: BOGOTÁ D.C. 1 1 LOCALIDAD-BARRIO-VEREDA-CORREGIMIENTO: <input type="text"/> PAÍS: Colombia			
TELÉFONO 1 (Igual al reportado en el formulario de Registro Único Tributario DIAN casilla 44) 3127333699 TELÉFONO 2: <input type="text"/> TELÉFONO 3: <input type="text"/>			
CORREO ELECTRÓNICO (Obligatorio): CLARALEVELCASTANEDAFINO@GMAIL.COM			
INFORMACIÓN PARA NOTIFICACIÓN JUDICIAL Y ADMINISTRATIVA			
DIRECCIÓN PARA NOTIFICACIÓN JUDICIAL: CR 9 NO. 2 A - 17 ZONA: URBANA <input type="checkbox"/> RURAL <input type="checkbox"/> CÓDIGO POSTAL: <input type="text"/>			
MUNICIPIO: BOGOTÁ D.C. 0 0 1 DEPARTAMENTO: BOGOTÁ D.C. 1 1 LOCALIDAD-BARRIO-VEREDA-CORREGIMIENTO: <input type="text"/> PAÍS: <input type="text"/>			

**FORMULARIO DEL REGISTRO ÚNICO
EMPRESARIAL Y SOCIAL RUES**

Hoja 1



<small>Diligencie a máquina o letra impresa los datos. No se admiten tachones ni enmendaduras. En los términos del artículo 168 del Decreto 019 de 2012, y 33 del Código de Comercio, cualquier modificación de la información reportada debe ser actualizada. En los términos del artículo 36 del Código de Comercio, la Cámara de Comercio podrá solicitar información adicional. Autorizo el uso y divulgación de toda la información contenida en este formulario y sus anexos, para los fines propios de los registros públicos y su publicidad.</small>		<small>Para uso exclusivo de la Cámara de Comercio Código Cámara y Fecha Radicación</small>	
INFORMACIÓN DEL REGISTRO			
REGISTRO MERCANTIL / VENDEDORES DE JUEGOS DE SUERTE Y AZAR / SOCIEDAD CIVIL		REGISTRO ENTIDADES SIN ANIMO DE LUCRO / ECONOMIA SOLIDARIA / VEEDURIAS CIUDADANAS / ONG'S EXTRANJERAS	
REGISTRO ÚNICO DE PROPONENTES			
MATRÍCULA / INSCRIPCIÓN <input type="checkbox"/> RENOVACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> X TRASLADO DE DOMICILIO <input type="checkbox"/> AJUSTE DE INFORMACIÓN FINANCIERA <input type="checkbox"/> N° MATRÍCULA / INSCRIPCIÓN: 02979911 Año que renueva: 2 0 1 9 TIPO GENERAL DE ORGANIZACIÓN (Revisar las instrucciones del formulario RUES) <input type="checkbox"/> TIPO ESPECÍFICO DE ORGANIZACIÓN (Revisar las instrucciones del formulario RUES) <input type="checkbox"/>	INSCRIPCIÓN <input type="checkbox"/> RENOVACIÓN <input type="checkbox"/> TRASLADO DE DOMICILIO <input type="checkbox"/> AJUSTE DE INFORMACIÓN FINANCIERA <input type="checkbox"/> No. DE INSCRIPCIÓN: _____ Año que renueva: _____	INSCRIPCIÓN <input type="checkbox"/> ACTUALIZACIÓN <input type="checkbox"/> RENOVACIÓN <input type="checkbox"/> CANCELACIÓN <input type="checkbox"/> ACTUALIZACIÓN POR TRASLADO DE DOMICILIO, INDIQUE LA CÁMARA DE COMERCIO ANTERIOR <input type="checkbox"/> No. DE INSCRIPCIÓN: _____	
IDENTIFICACIÓN			
Persona Jurídica RAZÓN SOCIAL: CONSTRUCTORA NESPAS SAS		SIGLA: _____	
Personas Naturales PRIMER APELLIDO: _____ SEGUNDO APELLIDO: _____ PRIMER NOMBRE: _____ SEGUNDO NOMBRE: _____			
NIT: 0 0 9 0 1 1 9 3 3 9 8 D.V. 1			
IDENTIFICACIÓN No: _____ FECHA EXPEDICIÓN: _____ LUGAR EXPEDICIÓN: _____ TIPO: C.C. <input type="checkbox"/> C.E. <input type="checkbox"/> T.J. <input type="checkbox"/> PASAPORTE <input type="checkbox"/> PAÍS: _____			
No. IDENTIFICACIÓN TRIBUTARIA EN EL PAÍS DE ORIGEN: _____ PAÍS ORIGEN: _____		No. IDENTIFICACIÓN TRIBUTARIA SOCIEDAD O P. NATURAL DEL EXTRANJERO CON EP (Establecimiento Permanente): _____	
UBICACIÓN Y DATOS GENERALES			
INFORMACIÓN GENERAL			
DIRECCIÓN DE DOMICILIO PRINCIPAL: CL 74 NO. 15 15 OF 306		ZONA: URBANA <input type="checkbox"/> RURAL <input checked="" type="checkbox"/> X CÓDIGO POSTAL: _____	
UBICACIÓN LOCAL <input type="checkbox"/> OFICINA <input type="checkbox"/> LOCAL Y OFICINA <input type="checkbox"/> FÁBRICA <input type="checkbox"/> VIVIENDA <input type="checkbox"/> FINCA <input type="checkbox"/>			
MUNICIPIO: BOGOTA D.C. 0 0 1 DEPARTAMENTO: BOGOTA D.C. 1 1 LOCALIDAD-BARRIO-VEREDA-CORREGIMIENTO: _____ PAÍS: Colombia			
TELÉFONO 1 (Igual al reportado en el formulario de Registro Único Tributario DIAN casilla 44) 7026989		TELÉFONO 2: _____ TELÉFONO 3: _____	
CORREO ELECTRÓNICO(Obligatorio): gruponespar@gmail.com			
INFORMACIÓN PARA NOTIFICACIÓN JUDICIAL Y ADMINISTRATIVA			
DIRECCIÓN PARA NOTIFICACIÓN JUDICIAL: CL 74 NO. 15 15 OF 306		ZONA: URBANA <input type="checkbox"/> RURAL <input checked="" type="checkbox"/> X CÓDIGO POSTAL: _____	
MUNICIPIO: BOGOTA D.C. 0 0 1 DEPARTAMENTO: BOGOTA D.C. 1 1 LOCALIDAD-BARRIO-VEREDA-CORREGIMIENTO: _____ PAÍS: _____			
TELÉFONO 1: 7026989		TELÉFONO 2: _____ TELÉFONO 3: _____	
CORREO ELECTRÓNICO(Obligatorio): gruponespar@gmail.com			
LA SEDE ADMINISTRATIVA ES: PROPIA <input type="checkbox"/> ARRIENDO <input checked="" type="checkbox"/> X COMODATO <input type="checkbox"/> PRÉSTAMO <input type="checkbox"/> De conformidad con lo establecido en el artículo 67 del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo, autorizo para que me notifiquen personalmente a través del correo electrónico aquí especificado: SI <input checked="" type="checkbox"/> X NO <input type="checkbox"/>			