

Monográfico

Tecnología cuántica aplicada a las pymes

○ Marzo 2024

01. ————— 3

Introducción

02. ————— 4

¿Qué es la tecnología cuántica y cuáles son sus beneficios?

03. ————— (9

Tecnología cuántica en la práctica: ejemplos para pymes y autónomos

04. ————— (12

Guía práctica para implementar la tecnología cuántica en una pyme

05. ————— (19

Posibles desafíos

06. ————— (20

Conclusiones

07. ————— (21

Referencias

01. ———

Introducción

En un mundo empresarial dinámico y en constante evolución, las pymes se enfrentan al desafío de **mantenerse competitivas frente a los rápidos avances tecnológicos**. En este contexto, la computación o tecnología cuántica emerge como una herramienta disruptiva con el potencial de redefinir por completo la forma en que las empresas operan y aprovechan la tecnología.

La computación cuántica ofrece **una capacidad de procesamiento y análisis de datos sin precedentes**, superando con creces las limitaciones de la computación clásica. Esta tecnología promete revolucionar la forma en que las empresas abordan **problemas complejos, optimizan procesos y toman decisiones estratégicas**.

En este monográfico, no solo se explorará qué es la computación cuántica, sino también cómo esta tecnología puede **beneficiar concretamente a las pymes y autónomos en su día a día**. Se analizarán casos de uso relevantes en diversos sectores empresariales, desde la optimización de procesos hasta la seguridad informática, destacando cómo la implementación de soluciones cuánticas puede generar eficiencia y competitividad. Además, se examinarán los posibles desafíos que las pymes podrían enfrentar al adoptar esta tecnología innovadora.

Las proyecciones de inversión en tecnología cuántica reflejan el creciente interés y la confianza en el potencial transformador de esta tecnología. Según estimaciones de la empresa de análisis de mercado de las TIC, IDC, se estima que para el año 2027 la inversión global en tecnología cuántica alcanzará los 7.600 millones de dólares. Este pronóstico refleja el creciente interés de las empresas en el potencial transformador de la computación cuántica [REF-01].



02. ———

¿Qué es la tecnología cuántica y cuáles son sus beneficios?

Definición

La tecnología cuántica se basa en los principios de la **física cuántica**, una rama de la física que estudia el **comportamiento de las partículas a escalas subatómicas**, es decir, a niveles microscópicos. En este mundo las reglas de la física que estamos acostumbrados a ver en nuestro día a día ya no se aplican de la misma manera. En el mundo cuántico, **las partículas pueden estar en diferentes estados al mismo tiempo**, como si estuvieran en dos o más formas simultáneamente. Esto es muy diferente a lo que observamos normalmente, donde los objetos ocupan un solo estado en un lugar concreto en un momento dado.

Además, las partículas cuánticas pueden estar entrelazadas de una manera especial, lo que significa que el estado de una partícula está relacionado **instantáneamente con el estado de otra**, sin importar la distancia entre ellas. La tecnología cuántica aprovecha estas extrañas propiedades para crear herramientas y dispositivos revolucionarios.

En la década de **1980**, varios científicos comenzaron a explorar cómo podrían aplicar la física cuántica a la informática. Se dieron cuenta de que podían usar los principios cuánticos de las partículas para **crear una nueva forma de computación**. Así surgió la idea de la computación o tecnología cuántica.

¿Y cuáles son esos principios que dotan a la computación cuántica de propiedades tan potentes? Los principios de la mecánica cuántica son **superposición, interferencia y entrelazamiento**. ¿Qué significa esto?



Superposición: Es un principio de la física cuántica que dice que una partícula **puede existir en varios estados al mismo tiempo**, pero solo muestra uno cuando se la observa. Esto se asemeja a lanzar una moneda al aire y considerarla tanto en cara como en cruz hasta que se mire el resultado. Esto es crucial en la computación cuántica, donde los **qubits**, que son las unidades básicas de información en la computación cuántica, **pueden representar tanto un 0 como un 1 simultáneamente**, permitiendo realizar múltiples cálculos al mismo tiempo y acelerar el procesamiento de datos [REF-02].



Interferencia: En la física cuántica, las partículas pueden mezclarse entre sí y afectarse unas a otras, **lo que puede afectar el resultado final de un experimento o medición**. Es como cuando las ondas de sonido se mezclan, ya sea para cancelarse entre sí o para reforzarse, lo que cambia la dirección y la intensidad del sonido resultante. En la computación cuántica, este principio se utiliza para **manipular y dirigir los estados de los qubits hacia la solución que nos interesa**, lo que puede influir en los resultados finales de nuestro problema a resolver.



Entrelazamiento: Este principio establece que dos partículas pueden estar conectadas de una manera especial, de modo que **lo que le sucede a una partícula afecta instantáneamente a la otra**, sin importar la distancia. Es como si dos gemelos estuvieran siempre conectados y lo que siente uno, el otro lo sabe al instante. En la computación cuántica, **esto permite enviar información de manera segura y rápida**, lo que es útil para la comunicación y la seguridad en línea.

En un ordenador cuántico, los qubits son como los bloques básicos de información, pero en lugar de ser simples bloques de 0 o 1 como en los ordenadores tradicionales, **pueden ser ambos al mismo tiempo gracias a los principios de la física cuántica**. Esto significa que un qubit puede representar y procesar mucha más información de manera simultánea y compleja que un bit clásico. Es como si cada **qubit pudiera evaluar múltiples tareas al mismo tiempo**, lo que **permite realizar cálculos a una velocidad mucho más rápida** y resolver problemas mucho más complejos de manera eficiente [REF-03].

Hoy en día, la eficiencia y agilidad son parámetros clave para el éxito empresarial. Las pymes en particular se enfrentan a desafíos constantes que demandan soluciones innovadoras y rápidas. En este contexto, es crucial que las pymes **adopten una mentalidad proactiva y se preparen para las transformaciones que están por venir**.

La computación cuántica surge como una herramienta que puede brindar grandes mejoras en distintos sectores. Con esta tecnología se tiene la capacidad de **optimizar procesos, analizar grandes conjuntos de datos, fortalecer la seguridad informática y simular sistemas complejos**. En lugar de esperar pasivamente a que la computación cuántica esté ampliamente disponible, las pymes deben empezar a **explorar su aplicación en sus operaciones comerciales**.

Al integrar la computación cuántica en sus operaciones, las pymes pueden esperar una **amplia gama de beneficios que impactan directamente en su competitividad y eficiencia**. Por ejemplo, la capacidad de procesar y analizar grandes volúmenes de datos de manera más rápida y eficiente podría brindar a las empresas una ventaja competitiva significativa al **permitirles tomar decisiones más informadas y estratégicas en tiempo real**. Esto significa que las pymes pueden identificar patrones ocultos en los datos, prever tendencias del mercado y responder de manera proactiva a las demandas cambiantes.

Además, la capacidad de simular sistemas complejos mediante la computación cuántica puede permitir a las pymes **mejorar su capacidad para resolver problemas de manera más efectiva**. Al anticipar escenarios y minimizar riesgos, las empresas pueden optimizar sus operaciones y reducir costes asociados a sus procesos [REF-04].





En el ámbito de la seguridad informática, la computación cuántica también ofrece una serie de **ventajas significativas**. Los algoritmos cuánticos brindan una seguridad mucho más robusta, lo que permite a las **pymes proteger sus datos de manera más efectiva contra las amenazas cibernéticas**. Estos avances, no solo garantizan una mayor eficiencia operativa al fortalecer las defensas cibernéticas, sino que también **mejoran la capacidad para abordar problemas complejos con rapidez y precisión**. Esto se traduce en una mayor resistencia a los ataques y una seguridad informática general reforzada [REF-05].

Actualmente, se habla del concepto de estar "**Quantum ready**", es decir, estar preparado y comprender la aplicabilidad de la computación cuántica para cuando llegue la infraestructura cuántica. **Esto implica que las pymes deben estar listas para adoptar y aprovechar el auge tecnológico que la computación cuántica traerá consigo, adaptando sus procesos y estrategias empresariales en consecuencia** [REF-06].

03. ———

Tecnología cuántica en la práctica: ejemplos para pymes y autónomos

En el contexto de la computación cuántica, existen cuatro áreas principales que abarcan casos de uso relevantes para pymes y autónomos.



Optimización: Esta área se centra en mejorar la eficiencia y la productividad en diversos aspectos de la operación empresarial. Por ejemplo, una pyme de logística podría utilizar la computación cuántica para optimizar las rutas de entrega de sus productos. El proceso de buscar la ruta de entrega óptima conlleva cálculos y análisis muy complejos computacionalmente ya que es importante tener en cuenta factores como la distancia, el tráfico y las restricciones de tiempo. Con la ayuda de la computación cuántica se pueden explorar una multitud de posibles soluciones de manera simultánea y encontrar la ruta más eficiente en un tiempo menor que los métodos tradicionales. Del mismo modo, una empresa de servicios puede usar la computación cuántica para programar los horarios de trabajo de su personal de manera óptima, considerando las preferencias de los empleados y las demandas del trabajo para encontrar horarios que equilibren la carga de trabajo de manera eficiente, asegurando que el personal esté disponible cuando se necesite.



Quantum Machine Learning: Aunque aún está en fase de exploración, el *Machine Learning* cuántico ofrece oportunidades para mejorar la toma de decisiones y el análisis predictivo [REF-06]. Al aprovechar los principios de la computación cuántica, este enfoque podría permitir una mayor precisión y eficacia en la identificación de patrones y tendencias en grandes conjuntos de datos, brindando así una ventaja competitiva significativa. Por ejemplo, una pyme de comercio electrónico podría utilizar algoritmos cuánticos para predecir el comportamiento de compra de sus clientes con mayor precisión, permitiéndoles ofrecer recomendaciones personalizadas y optimizar sus estrategias de marketing.



Quantum simulation: Esta área permite simular sistemas complejos de manera más precisa y eficiente que los métodos tradicionales. Por ejemplo, una pyme de diseño de productos puede utilizar la computación cuántica para simular cómo se comportarán nuevos materiales o diseños antes de llevarlos al mercado. Esto les ayuda a reducir costes y tiempos de desarrollo al prever posibles problemas y optimizar el proceso de diseño.



Quantum cybersecurity: Ofrece mejoras significativas en la seguridad de los sistemas a través de técnicas como criptografía cuántica que garantiza seguridad de la información frente a ataques. La criptografía cuántica es una forma avanzada de proteger la información cuando se envía de un lugar a otro. Utiliza principios de la física cuántica para hacer que la comunicación sea prácticamente imposible de descifrar. La estrategia actual es identificar cuáles de los sistemas actuales son vulnerables a la computación cuántica y generar un plan de actuación frente a esta tecnología que implique la transformación a los llamados sistemas post-cuánticos. Por ejemplo, una pequeña empresa de servicios financieros podría utilizar la criptografía cuántica para proteger las transacciones de sus clientes y asegurar la confidencialidad de sus datos.

Área	Utilidad y funcionalidades
Optimización	Mejorar la eficiencia y la productividad en uno o varios procesos de la operación empresarial.
<i>Quantum Machine Learning</i>	Mejorar la toma de decisiones y el análisis predictivo , con la intención de obtener una mayor precisión en la identificación de patrones .
<i>Quantum simulation</i>	Prever el comportamiento de un sistema complejo cuando se introducen nuevos elementos en el mismo, con la intención de anticipar posibles problemas .
<i>Quantum cybersecurity</i>	Proteger los datos y la información cuando se envían de un lugar a otro.

04. ———

Guía práctica para implementar la tecnología cuántica en una pyme

Para implementar y configurar la tecnología cuántica en una pyme de manera efectiva, es esencial seguir una serie de **pasos prácticos** que aborden tanto los aspectos técnicos como organizativos de la integración. Aquí se detallan algunos pasos clave que pueden guiar a la empresa en este proceso [REF-06]:



Evaluar las necesidades específicas de la empresa: antes de proceder con la implementación, es fundamental realizar una **evaluación exhaustiva de los desafíos y objetivos empresariales**. Esto permitirá identificar áreas donde la tecnología cuántica puede tener un impacto significativo y proporcionar una dirección clara para la integración.



Seleccionar la rama de computación cuántica adecuada: dentro del amplio campo de la computación cuántica, existen varias ramas especializadas que ofrecen distintas aplicaciones y beneficios para las pymes:

Metrología cuántica

Se centra en la medición precisa de cantidades físicas utilizando principios cuánticos.

Internet cuántico

Busca mejorar la seguridad y la eficiencia de las comunicaciones utilizando principios cuánticos.

Simulación cuántica

Permite simular sistemas complejos de manera más precisa y eficiente que los métodos clásicos [REF-07].





Explorar sistemas híbridos: dado el estado actual de desarrollo de la tecnología cuántica, puede ser beneficioso considerar la adopción de sistemas híbridos que **combinan** la potencia de la **computación cuántica** con la estabilidad de la **computación clásica**. Explorar técnicas clásicas pero inspiradas en cuántica como puede ser “*Tensor Networks*” permite abordar problemas de las empresas donde aprovechas las capacidades computacionales clásicas disponibles hoy en día y poco a poco incorpora las capacidades cuánticas que se van desarrollando. **Estos sistemas pueden ser más accesibles y prácticos para las pymes** en el corto plazo.



Capacitar al personal en computación cuántica y en las aplicaciones cercanas al mercado: proporcionar formación adecuada al equipo de trabajo es crucial para garantizar una **correcta comprensión de la tecnología cuántica** y su aplicación en el contexto empresarial. Para ello, plataformas como **Udemy [REF-08]** o **edX [REF-09]** ofrecen cursos asequibles sobre esta temática. Estas plataformas proporcionan una variedad de cursos diseñados para adaptarse a **diferentes niveles de experiencia**, desde introducciones básicas hasta temas más avanzados.



Gestionar el cambio de paradigma: la integración de la tecnología cuántica puede implicar un cambio significativo en la forma en que se realizan ciertas tareas y procesos para una pyme. Es importante preparar al equipo para este cambio y **fomentar una mentalidad receptiva hacia las nuevas herramientas y enfoques**. Para lograr una implementación exitosa, es fundamental seguir estos tres pasos:

1

Realizar un diagnóstico del estado en que se encuentra la pyme

Comprender la situación actual de la pyme en términos de procesos y tecnologías es el primer paso **para identificar áreas de mejora** y prepararse para la integración de la tecnología cuántica.



2

Medir y evaluar los riesgos

Evaluar los **posibles riesgos** asociados con la adopción de la tecnología cuántica, incluyendo aspectos como la **resistencia al cambio**, la **capacidad de adaptación** del equipo y los posibles obstáculos técnicos y financieros.



3

Planificar y comunicar los cambios

Establecer objetivos, asignar roles y **definir un cronograma detallado**. Es fundamental comunicar de manera efectiva los cambios a **todo el equipo**, proporcionando información clara sobre los beneficios y el impacto esperado de la tecnología cuántica en la empresa [REF-10].





Buscar colaboraciones: establecer colaboraciones con instituciones académicas, grupos de investigación u otras empresas especializadas en computación cuántica puede **enriquecer el acceso a recursos y conocimientos**. Estas alianzas facilitan el intercambio de ideas, mejores prácticas e impulsan la innovación. Por ejemplo, el **Instituto de Física Fundamental del CSIC** participa en proyectos como "Quantum Spain", que involucra a empresas y el sector público en la creación de un ordenador cuántico de alto rendimiento. Otro proyecto destacado es el "**Proyecto Agraria**", en el que se trabaja en el desarrollo de un predictor cuántico en el ámbito agrícola para analizar el rendimiento de cultivos mediante imágenes satelitales. Este enfoque permitirá predecir la cantidad de cosecha, como toneladas de maíz, a partir del análisis de imágenes [REF-11].

Siguiendo estos pasos prácticos, una pyme puede **empezar a explorar y aprovechar el potencial** de la tecnología cuántica para impulsar la innovación y estar preparados tecnológicamente.

Durante el **proceso de configuración** de la computación cuántica en una pyme, es crucial tener en cuenta una serie de **aspectos clave** para asegurar una implementación exitosa. Aquí se presentan algunos puntos a considerar durante este proceso:





01. Infraestructura disponible

Dado que la disponibilidad de infraestructura cuántica es limitada y con costes elevados, es fundamental **evaluar las herramientas y recursos disponibles en la empresa**. Esto incluye analizar la capacidad de las herramientas existentes y determinar cómo pueden integrarse con la tecnología cuántica para maximizar su eficacia.



02. Compatibilidad y escalabilidad

Es fundamental asegurarse de que los problemas que se aborden sean **compatibles con las herramientas y sistemas existentes en la empresa**. Si bien la capacidad computacional cuántica actual puede ser limitada en términos de escalabilidad, es importante considerar cómo la integración con la infraestructura existente puede facilitar la adopción de problemas más complejos y escalables. Esto implica **evaluar tanto la compatibilidad técnica como la viabilidad económica** de la implementación.



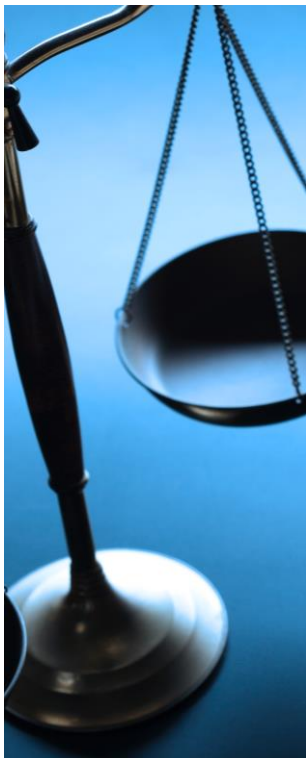
03. Pruebas exhaustivas y exploración de opciones

Se recomienda realizar muchas pruebas para identificar los modelos óptimos de resolución **para cada uno de los ámbitos que se quieran abordar**. Esto incluye desde algoritmos clásicos inspirados en cuántica hasta algoritmos cuánticos puros. La experimentación con diferentes enfoques permitirá a la empresa **comprender mejor las capacidades y limitaciones de la tecnología cuántica en su contexto específico**. Considerar estos aspectos durante el proceso de configuración garantizará que la empresa esté preparada para aprovechar el potencial de la computación cuántica.



04. Seguridad y protección de los datos

La seguridad de la información es una preocupación fundamental en cualquier implementación tecnológica. Al integrar la computación cuántica en la infraestructura de la empresa, es fundamental **implementar medidas adecuadas de seguridad y protección de datos**. Esto incluye la encriptación de datos sensibles, la autenticación robusta y la gestión de accesos, así como la actualización constante de las medidas de seguridad para hacer frente a las amenazas emergentes.



05. Consideraciones legales y regulatorias

Además de las consideraciones técnicas y de seguridad, es importante **tener en cuenta las regulaciones y normativas legales relacionadas** con el uso de la tecnología cuántica en el ámbito empresarial. Esto puede incluir aspectos como la **privacidad de los datos, la propiedad intelectual y el cumplimiento de las leyes de protección de datos**. Es crucial garantizar el cumplimiento de todas las regulaciones pertinentes para poder evitar posibles sanciones legales.

En resumen, la implementación exitosa de la computación cuántica en una pyme requiere una buena planificación, evaluación de riesgos y capacitación del personal, así como el cumplimiento de las regulaciones legales y la alineación con la estrategia empresarial a largo plazo. Al considerar estos aspectos durante dicho proceso, las pymes pueden estar mejor preparadas para aprovechar el potencial de esta tecnología emergente y mantenerse competitivas en un entorno empresarial en constante evolución.

05. —

Posibles desafíos

Identificar y abordar los posibles **obstáculos y desafíos** en la implementación de la tecnología cuántica es crucial para garantizar el éxito de su adopción por parte de las pymes. Estos desafíos pueden presentar diversas dificultades que las empresas deben superar para integrar efectivamente la computación cuántica en sus operaciones.



La naturaleza innovadora y la complejidad en constante evolución: la rápida evolución y la complejidad de esta tecnología **pueden dificultar la adquisición de conocimientos y su aplicación efectiva en el entorno empresarial.** La falta de comprensión de estas tecnologías puede obstaculizar su implementación y limitar su impacto en las operaciones diarias de una empresa.



Falta de experiencia y conocimientos especializados: la escasez de expertos y la falta de familiaridad con los principios y aplicaciones de la computación cuántica **pueden dificultar la adopción y el aprovechamiento completo de esta tecnología.** Superar esta barrera requerirá inversiones en capacitación y desarrollo de habilidades para el personal de la pyme.



Indisponibilidad de infraestructura y costes asociados: la falta de infraestructura cuántica disponible y los costes asociados con su adquisición y mantenimiento **pueden ser muy altos para algunas pymes.** Las limitaciones financieras pueden dificultar el acceso y la utilización plena de la tecnología cuántica en las operaciones diarias de la empresa. Es crucial que las pymes **evalúen cuidadosamente sus recursos y consideren opciones como las que se comentaban con anterioridad,** como la colaboración con proveedores de servicios o la exploración de soluciones híbridas para superar estos desafíos financieros.

06. ———

Conclusiones

La computación cuántica representa una revolución tecnológica con el potencial de transformar profundamente la manera en que las pymes operan y compiten en el mercado actual. Al ofrecer una capacidad de procesamiento exponencialmente mayor que la computación clásica, esta tecnología promete mejorar la eficiencia, la innovación y la competitividad de las empresas que la adopten.

Es fundamental para las pymes identificar casos de uso relevantes y comprender cómo la computación cuántica puede aplicarse de manera efectiva en su contexto empresarial. Al abordar los desafíos potenciales más cercanos al mercado, como la optimización de procesos, el análisis de grandes conjuntos de datos y la seguridad informática, las empresas pueden aprovechar al máximo el potencial de esta tecnología emergente.

A medida que se desarrollan nuevas aplicaciones y algoritmos cuánticos, y se superan los obstáculos tecnológicos, las pymes deben estar preparadas para adaptarse y evolucionar. Esto requiere una planificación cuidadosa, una gestión de expectativas y una mentalidad proactiva para aprovechar las oportunidades que ofrece la computación cuántica.

La computación cuántica representa un nuevo cambio en la era digital y las pymes que estén dispuestas a incorporar este cambio tendrán la oportunidad de liderar la innovación y alcanzar nuevos retos. Por todo ello, la computación cuántica es una tecnología que ha llegado para quedarse, y las pymes que la abracen tendrán la oportunidad de impulsar su crecimiento y éxito en el mercado digital.

07. —

Referencias

[REF-01] – Iglesias Álvarez, A. (3 de febrero de 2024). La quiniela tecnológica de las grandes firmas de análisis para 2024. COMPUTERWORLD. Obtenido de <https://www.computerworld.es/reportajes/la-quiniela-tecnologica-de-las-grandes-firmas-de-analisis-para-2024>.

[REF-02] - Dimateria. (s.f.). Superposición cuántica: ¿Qué es y cómo funciona? DIMATERIA. Obtenido de <https://dimateria.com/fisica/superposicion-cuantica>.

[REF-03] – IBM. (s.f.). ¿Qué es la computación cuántica? IBM. Obtenido de <https://www.ibm.com/es-es/topics/quantum-computing>.

[REF-04] – Terol, M. (2021). Computación cuántica: qué es y cuáles son sus impactos en nuestro mundo. THINKBIG. Obtenido de <https://blogthinkbig.com/que-es-la-computacion-cuantica-y-por-que-es-importante-para-el-desarrollo-de-nuevas-tecnologias>.

[REF-05] – Ciberseguridad. (s.f.). El impacto de la computación cuántica en la ciberseguridad. CIBERSEGURIDAD. Obtenido de <https://ciberseguridad.com/guias/nuevas-tecnologias/computacion-cuantica/>.

[REF-06] – Cabricano, P. (18 enero de 2024). Quantum-Ready, el nuevo horizonte empresarial de la transformación. NTT DATA. Obtenido de <https://es.nttdata.com/insights/blog/quantum-ready>.

[REF-07] – Yang, X. (7 de noviembre de 2023). Tecnología cuántica y sus principales aplicaciones. TELEFÓNICA. Obtenido de <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/tecnologia-cuantica-principales-aplicaciones/>.

[REF-08] – Udemy. <https://www.udemy.com/es/>.

[REF-09] – EDX. <https://www.edx.org/es>.

[REF-10] – Acelera pyme. (6 de julio de 2022). Gestionar el cambio en la transformación digital de tu pyme. ACELERA PYME. Obtenido de <https://www.acelerapyme.es/recursos/monografico/gestionar-el-cambio-en-la-transformacion-digital-de-tu-pyme>.

[REF-11] – Nova Ciencia. (25 de agosto de 2022). Computación cuántica: tres proyectos españoles para convertirla en una realidad. NOVA CIENCIA. Obtenido de <https://novaciencia.es/computacion-cuantica-tres-proyectos-espanoles-para-convertirla-en-una-realidad/>.



Marzo 2024

Acelera *pyme*