Temps i increment de temperatura en la conversió de vídeos en alta definició

Genís Riera Pérez i Àlex Soms Batalla

Maig 2011

Resum

Objectiu: Investigar si les conversions de vídeo en alta definició als formats AVI, MPEG4 i DivX afecten de la mateixa manera a la temperatura del processador, i si tals efectes venen determinats pel temps de conversió.

Mètodes: S'ha agafat a l'atzar una mostra de 15 vídeos en alta definició dins d'un conjunt de vídeos, i s'ha mesurat la temperatura del processador a l'inici i al final de la conversió, i el temps que ha trigat en realitzar-se.

Resultats: Realitzant les respectives anàlisis de variància, hem pogut comprovar que hi ha evidències suficients com per creure que existeixen diferències entre els increments de temperatura i els temps de conversió dels formats de conversió de vídeo escollits per dur a terme aquest estudi.

Discussió: No obstant els resultats, ens vàrem veure limitats en la recollida de dades, ja que l'elevat temps de conversió i el marge de repòs consumien molta dedicació i esforç. La precisió en la mesura de les temperatures també ens va suposar una limitació per poder validar amb major agudesa les premisses. En un futur fóra adient fer una justificació formal que els vídeos seleccionats per formar part de la mostra són semblants en pes i duració, a la vegada que incrementar el nombre de vídeos a convertir i realitzar l'estudi sobre diferents mètodes de refrigeració per conèixer la importància d'aquest element en els increments de temperatura del processador.

Introducció

La càrrega de treball que suporta un ordinador fa augmentar, en menor o major mesura, la temperatura dels components *hardware* que el formen, en especial el processador (unitat central de procés o CPU), que n'és el seu nucli. Hi ha diferents tipus de processos que afecten en aquest augment, però un dels més significatius són els processos relacionats amb la conversió de material audiovisual i multimèdia, per la gran quantitat de càlculs a temps reals que el processador ha de realitzar. No obstant, el que no sabíem segur era si tots els tipus de conversió de material audiovisual suposaven una càrrega equivalent en termes de temperatura i temps de realització en el processador.

Objectiu

En aquest estudi es vol comprovar si les diferents conversions de fitxers de vídeo d'alta definició a altres formats més estàndard suposen una càrrega de treball diferent pel processador en quant a augment de temperatura i període de temps utilitzat per dur-la a terme. En concret, en aquest estudi s'han tingut en compte tres conversions diferents de vídeo en alta definició: AVI, MPEG4 i DivX.

Material i mètodes

Per procedir amb la recollida de dades, calia seleccionar aleatòriament un cert nombre d'individus dins d'una població per garantir que tots els elements d'aquesta tenien la mateixa probabilitat de pertànyer a la mostra. El mètode va ser el següent:

Cada vídeo de la població està identificat amb un ID (identificador) que és un nombre natural. Aleshores, usant la funció *sample* en R, vam generar tants nombres aleatoris com elements volíem que tingués la mostra, i tals nombres havien de pertànyer al rang [1..N], on N és el nombre de vídeos de la població. En aquest estudi la mostra és de 15 vídeos, i N val 50. Per tant, en R calia executar la funció amb aquests paràmetres (*replace = FALSE* indica que no volem reposició):

```
sample(50, 15, replace=FALSE)

 [1]  5 25  3  4 24 49 33 35 23 41 42  9 32 46 26
```

Un cop seleccionats els vídeos que formarien part de la nostra mostra calia agafar-ne 5 i convertir-los en AVI, 5 en MPEG4 i els 5 restants en DivX. Per realitzar-ho, seguint l'ordre lineal d'esquerre a dreta del resultat de la funció *sample* vam convertir el vídeo amb ID = 5 en .AVI, el vídeo amb ID = 25 en .MPEG4, el vídeo amb ID = 3 en DivX, i així successivament. D'aquesta manera 5 vídeos serien convertits en cada format a estudiar. Aquest seria l'ordre de recollida de dades. Per satisfer la propietat d'independència entre les 15 observacions, vam donar un marge d'una hora com a mínim per deixar refredar el sistema (sobretot el processador) entre cadascuna, apagant l'ordinador. I amb el mètode explicat anteriorment, no hi hauria dues conversions de format idèntiques de forma consecutiva.

Per cada observació vàrem dur a terme els següents passos:

- Encenem l'ordinador i just a l'iniciar una nova sessió executem el software de lliure distribució de mesura de temperatura del processador *Core Temp* (http://www.alcpu.com/CoreTemp/), i anotem la temperatura inicial del processador.
- Seguidament executem l'aplicació *Xilisoft Convertidor de MKV 6*(software desenvolupat per l'empresa Xilisoft: http://www.xilisoft.com/video-

converter.html), que és un convertidor multiformat de vídeos, carregarem el vídeo corresponent i el convertim al format que li pertoca.

- Un cop finalitzat el procés de conversió, immediatament després anotem la temperatura del processador que figura en l'aplicació *Core Temp* i el temps que ha tardat el procés en realitzar-se, el qual es pot trobar en un fitxer *log.txt* que genera el convertidor.
- Un cop anotada tota la informació d'una observació, apaguem l'ordinador i deixem un marge d'una hora com a mínim per deixar refredar tots els components de l'ordinador i evitar una recollida de dades incorrecta a posteriori.

Variables

L'estudi presenta les següents variables resposta:

• La primera és la temperatura (mesurada amb graus Celsius) d'un processador model Intel Core 2 Duo E8400 3.00GHz funcionant sobre el següent entorn:

- Placa Base ASUS P5QL-E
- Targeta Gràfica ASUS ENG9800GT
- 2x1 GB RAM DDR2 Kingston
- Disc dur Samsung 500 GB SATA II 7200 rpm
- Regrabadora Pioneer DVD-RW DVR-110D SCSI
- Monitor Samsung XL2370
- Windows 7 (32 bits)
- No disposa de cap sistema de refrigeració avançada

• La segona és el temps total que dura la conversió del vídeo, que ens servirà per contrastar les dades obtingudes amb la variable resposta de la temperatura i poder extreure conclusions més significatives.

A més, també disposem d'una variables explicativa que és el format de conversió dels vídeos en alta definició, és a dir, a quin format els volem convertir. Aquests són els següents: AVI, MPEG4 i DivX.

Hem descrit les variables numèriques (temperatura i temps) amb l'estimador de la mitjana mostral ($\bar{X}$ i $\bar{Y}$) i desviació tipus (s_x i s_y) respectivament.

I. Comprovació de les premisses

Posteriorment, quan vàrem analitzar els residus, també vam avaluar el compliment de les següents premisses:

- **Homoscedasticitat** (variància constant entre els tres formats).

- **Independència** entre les observacions (el valor d'una observació no es pot relacionar amb el valor d'una altra observació).

- **Normalitat** dels valors de la variable resposta en cada format (en aquest estudi considerem dues variables resposta.

La validació d'aquestes premisses es pot trobar a l'annex II.

Resultats

Descriptiva

La taula 1.1 mostra les dades recollides dels 15 vídeos convertits, agrupats en els 3 grups de conversió establerts en l'estudi:

Nº Video	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Diferència de temperatura (°C)	Temps de conversió (minuts)	Format de conversió (minuts)
5	35	51	16	107.45	AVI
4	35	51	16	123.12	AVI
33	35	52	17	99.25	AVI
41	35	52	17	119.62	AVI
32	35	52	17	131.37	AVI
25	35	56	21	73.33	MPEG4
24	35	55	20	76.90	MPEG4
35	35	54	19	63.0	MPEG4
42	35	55	20	77.47	MPEG4
46	35	57	22	68.73	MPEG4
3	35	55	20	78.57	DivX
49	35	55	20	84.52	DivX
23	35	56	21	78.50	DivX
9	35	56	21	88.37	DivX
26	35	56	21	71.77	DivX

Taula 1.1: Taula resum de les dades recollides

Les següents taules 1.2 i 1.3 mostren la informació descriptiva de cada grup per les dues proves realitzades. La taula 1.2 mostra la mitjana i la desviació típica de l'increment de temperatures, i la taula 1.3 mostra la mateixa informació però per al temps de conversió:

Format de conversió	Nombre d'observacions	Mitjana (ºC)	Desviació tipus (ºC)
AVI	5	16.6	0.55
MPEG4	5	20.4	1.14
DivX	5	20.6	0.55

Taula 1.2: Anàlisi descriptiva de la variable increment de temperatura (en graus Celsius)

Observant-la podem veure que, en mitjana, l'increment de la temperatura del procés de conversió de vídeo d'alta definició al format AVI és lleugerament inferior als altres dos formats de conversió, els quals presenten molt poca diferència entre ells. En quant a la desviació estàndard dels 3 formats de conversió, el format MPEG és el que presenta una dispersió major enfront als formats AVI i DivX.

Format de conversió	Nombre d'observacions	Mitjana (min)	Desviació tipus (min)
AVI	5	116.16	12.78
MPEG4	5	71.89	6.068
DivX	5	80.34	6.36

Taula 1.3: Anàlisi descriptiva de la variable temps de conversió (en minuts)

En canvi, si observem l'anàlisi descriptiva dels temps de conversió veiem com el format AVI és el que en mitjana triga més en convertir els vídeos d'alta definició, mentre que el que triga menys sembla ser que és el format MPEG4. Tanmateix, la informació aportada per les desviacions típiques dels temps de conversió de cada grup ens indica que el format AVI és el que presenta una desviació major (d'uns 6 minuts de diferència aproximadament) respecte els formats a MPEG4 i DivX, el quals tenen una desviació estàndard similar.

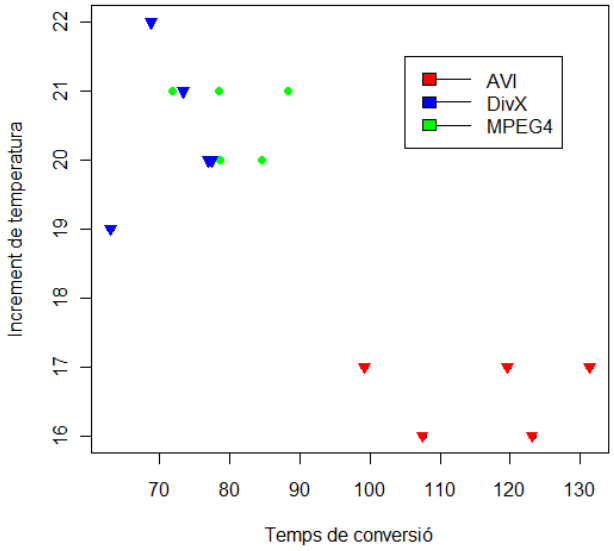


Figura 1.4: Increment de temperatura vs temps de conversió

El gràfic de la figura 1.4 planteja una realitat en principi contradictòria: a major temps de conversió, menys increment de temperatura. Això pot ser degut al treball que realitza el processador en cada conversió, de manera que els formats que triguen més, podria ser que interactuïn més amb el disc, i no fan tantes operacions en temps real o bé donen més temps a refredar-se al processador. Un altre manera d'interpretar aquests resultats podria ser que el processador, a certa temperatura, posés en marxa (o potenciés) algunes eines de refrigeració que aconseguissn frenar l'increment de temperatura, evitant possibles sobrescalfaments. El format que segueix aquesta tendència d'un temps prolongat i increment de temperatura baix és l'AVI, els altres formats MPEG4 i DivX obtenen un temps de conversió molt més curt però un increment de temperatura bastant més elevat.

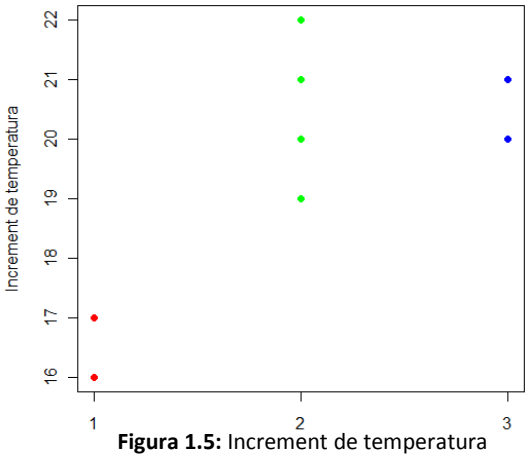


Figura 1.5: Increment de temperatura entre els grups (1:AVI, 2:MPEG4, 3:DivX)

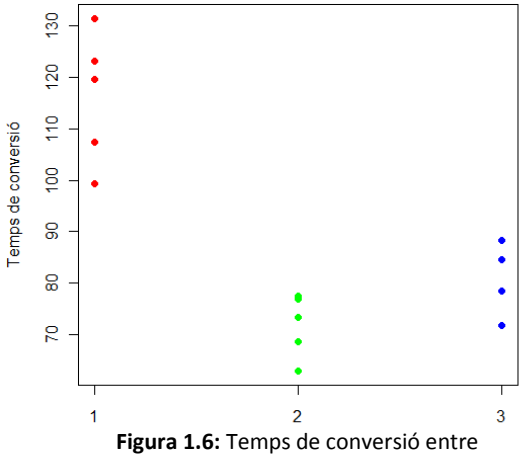


Figura 1.6: Temps de conversió entre els grups (1:AVI, 2:MPEG4, 3:DivX)

En ambdós gràfics (Figures 1.5 i 1.6) podem apreciar que la variabilitat intragrups és menor a la variabilitat entre grups, això es veu per la gran proximitat entre els valors de

cada grup i la llunyania del valor central de cada grup amb els demés. Com a consequència d'aquest fet, podrem realitzar unes proves amb unes dades sense molt de soroll. També podem observar que sembla ser AVI el format que més triga a convertirse i MPEG4 el que menys. Podem apuntar anàlogament que, pel que fa l'increment de temperatura, AVI sembla ser el format que menys escalfa el processador mentre que MPEG4 i DivX podríen ser els que provoquen un major increment.

Anàlisis principal

Una vegada obtingudes les dades i ben organitzades, vam continuar amb l'anàlisi principal de l'estudi. Com que es tracta de dues comparacions de mitjanes (d'increment de temperatura i temps de conversió) entre 3 grups, calia abordar l'estudi des del punt de vista de la descomposició de la variància d'aquestes variables respostes. Per aquest motiu, vam realitzar dues descomposicions de variància (ANOVA's), una per cada variable resposta, aconseguint les següents mesures de variabilitat, variàncies explicades i residuals en forma de taules (taules de la ANOVA, figures 1.7 i 1.8):

Analysis of Variance Table

Response: taula$DifT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
as.factor(taula$Fconv)	2	50.8	25.4000	40.105	4.857e-06 ***
Residuals	12	7.6	0.6333		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Taula 1.7: Anàlisi de la variància de l'increment de la temperatura en funció del format de conversió

Analysis of Variance Table

Response: taula$Temps

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
as.factor(taula$Fconv)	2	5524.1	2762.06	34.433	1.068e-05 ***
Residuals	12	962.6	80.22		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Taula 1.8: Anàlisi de la variància del temps de conversió en funció del format de conversió

Discussió

Pels resultats obtinguts en les taules de la descomposició de la variància, hem pogut observar que, pel que fa a l'increment de temperatura, podem refusar la hipòtesis nul·la (H_0: $\mu_{avi} = \mu_{mpeg4} = \mu_{divx}$) ja que el P-valor associat és extremadament petit ($4.8 \cdot 10^{-6}$); en particular, és menor que el risc prèviament assumit ($\alpha = 0.05$). Això ens condueix a pensar que les mitjanes dels 3 vídeos són diferents, en altres paraules, existeix com a mínim un grup dels tres existents el qual té una mitjana d'increment de la temperatura diferent a la resta. Tenint en compte que el coeficient de determinació és prou elevat, de l'ordre d'un 87% aproximadament, la variable explicativa aconsegueix justificar amb suficient força la variabilitat total de la resposta increment de temperatura. Tot i que el nombre de conversions per cada grup és baix, la gran diferència que hem vist que existeix entre ells no és menyspreable.

Per altra banda, pel que fa a l'anàlisi de la variància dels temps de conversió, podem fer un comentari similar a l'anterior. El P-valor associat a la prova és menor al risc assumit, per tant, podem descartar la hipòtesis nul·la que els tres formats de conversió triguen el mateix (H_0: $\mu_{avi} = \mu_{mpeg4} = \mu_{divx}$). En aquest cas, però, s'ha introduït més variància residual a causa de la major precisió en la mesura dels temps en front de la temperatura (el temps mesurable fins als segons i, en canvi, la temperatura només la podíem mesurar amb graus Celsius). En aquesta prova, el coeficient de determinació és inferior al de l'anterior prova pel motiu prèviament exposat: al tenir major "soroll" (variància dins de cada grup) ha provocat un augment percentual de la variabilitat no explicada pel factor formats de conversió.

Amb aquestes dades no som capaços de discernir quin és el format que menys o més increment de temperatura provoca al processador o el format que menys o més triga en convertir-se, però sí que podem apuntar que existeix una diferència prou significativa entre ells com per tenir-la en compte. Per aquesta raó, estem en disposició d'estimar per intervals de confiança al 95% els valors reals de cadascun dels grups (els càlculs dels mateixos es poden consultar a l'annex I). Pel que fa a la mitjana de l'increment de temperatures de cada format:

$IC(\mu_{avi}, 95\%) = (16.15, 17.048)$

$IC(\mu_{mpeg4}, 95\%) = (19.9, 20.85)$

$IC(\mu_{divx}, 95\%) = (20.15, 21.05)$

$\sqrt{QMR} = 0.796$ (veure el valor de la variància residual en la figura 1.7)

podem veure com el format AVI és el que escalfa menys el processador. Un aspecte que reforça aquesta idea és que els intervals de confiança de la mitjana de l'increment de temperatura del format AVI no es solapa amb cap altre interval dels altres formats, i a més la seva fita superior és mes petita que les inferiors dels altres grups. No obstant, entre MPEG4 i DivX no podem assegurar quin dels dos provoca un menor increment de

temperatura al processador, però sembla ser que és el format MPEG4. Cal tenir present que l'estimació de la desviació existent dins de cada grup és aproximadament 0.8 ºC, un soroll que el podem considerar relativament petit.

Per altra banda, respecte l'estimació de les mitjanes dels temps de conversió:

$IC(\mu_{avi}, 95\%) = (111.12, 121.199)$

$IC(\mu_{mpeg4}, 95\%) = (66.85, 76.93)$

$IC(\mu_{divx}, 95\%) = (75.30, 85.38)$

$\sqrt{QMR} = 8.96$ (veure el valor de la variància residual en la figura 1.8)

la diferència és encara més notòria, ja que cap dels intervals de confiança es solapa, això ens permet discernir amb confiança 95% que el format que més triga en convertir-se és AVI, seguit de DivX i finalment MPEG4. Però en aquest cas, l'estimació de la desviació intra-grups és considerable, de l'ordre dels 9 minuts aproximadament, la qual cosa ens fa adoptar una postura més prudent sobre aquesta inferència que no pas en el cas dels increments de temperatura, on el soroll present és més escàs.

Com a observació podem dir que el format que més triga (AVI) és justament el que menys increment de temperatura provoca al processador (com també es pot apreciar en el gràfic de la figura 1.4). Sembla un fet paradoxal, ja que normalment creiem que a més temps més increment de temperatura. Tot i desconeixen la causa, aquest fet es podria explicar amb la implementació a baix nivell del procés de conversió; probablement el format AVI no realitzi tants accessos a disc, o no necessiti tants càlculs per a transformar els vídeos, o potser no faci un ús abundant dels recursos *hardware* dels que disposa, i per aquest motiu també necessiti més temps de conversió perquè no explota la potència del processador. Podria ser per un altre motiu, però sembla raonable pensar que aquests són els més probables.

No obstant, no ens podem centrar exclusivament en la discussió prèvia sense mencionar les limitacions amb les quals vam haver de fer front durant l'estudi. Cal considerar el baix nombre de dades obtingut degut a l'elevat temps de conversió entre cadascun dels vídeos pertanyents a la mostra, i el posterior temps de refrigeració de l'ordinador per assegurar la independència amb els altres processos de conversió. Com és obvi, el temps dedicat a la recollida de dades no era suficient com per obtenir-ne un gran nombre, i el procés d'obtenció ja és prou costós com per dedicar-hi molt de temps. Una altra limitació a destacar és la baixa precisió a l'hora de mesurar la temperatura del processador, ja que el software de medició tant sols mostrava la temperatura en unitats de graus Celsius, i tal limitació provoca un nombre elevat de dades repetides que realment no hauríem de considerar iguals (segurament).

Per a estudis posteriors s'hauria d'intentar aconseguir un nombre de conversions molt més elevat i algun altre mètode més precís per a mesurar la temperatura del processador durant el procés de conversió. Addicionalment, fóra bo justificar que els vídeos

seleccionats aleatòriament per la mostra són de característiques "similars" en quant a duració i pes, ja que si entre els vídeos existís una diferència notòria podria provocar una mala recollida de dades i una posterior interpretació errònia dels resultats. I també seria interessant realitzar el mateix experiment mitjançant altres mecanismes de refrigeració per l'ordinador (refrigeració líquida, amb nitrogen, radiadors d'alt rendiment, etc.) per poder contrastar la importància que té la temperatura ambiental dins de la caixa de l'ordinador en l'obtenció dels resultats, ja que hi ha multitud de factors que condicionen les fluctuacions de temperatura dels components *hardware*.

Annex I: *Script* en R

```
#########################################################################

############################## SCRIPT R ##############################

#########################################################################

#Muntar taules i càlcul de mitjanes i desviacions tipus de cada grup (em temperatura):

> taula<-read.table("clipboard",header=TRUE)

> taula_avi<-taula[taula$Fconv == "AVI",]

> taula_mpeg4<-taula[taula$Fconv == "MPEG4",]

> taula_divx<-taula[taula$Fconv == "DivX",]

> taula_avi;taula_mpeg4;taula_divx;

#########################################################################

# Mitjana de les dif de temperatura:

> mitjana_difT_avi<-mean(taula_avi$DifT)

> mitjana_difT_mpeg4<-mean(taula_mpeg4$DifT)

> mitjana_difT_divx<-mean(taula_divx$DifT)

#########################################################################

# Mitjana dels temps de conversió:

> mitjana_Temps_avi<-mean(taula_avi$Temps)

> mitjana_Temps_mpeg4<-mean(taula_mpeg4$Temps)

> mitjana_Temps_divx<-mean(taula_divx$Temps)

#########################################################################

# Desviació tipus de les dif de temperatura:

> DE_difT_avi<-sd(taula_avi$DifT)

> DE_difT_mpeg4<-sd(taula_mpeg4$DifT)

> DE_difT_divx<-sd(taula_divx$DifT)

#########################################################################
```

Desviació tipus dels temps:

> DE_Temps_avi<-sd(taula_avi$Temps)

> DE_Temps_divx<-sd(taula_divx$Temps)

> DE_Temps_mpeg4<-sd(taula_mpeg4$Temps)

##

Càlcul de les ANOVA's (Variable Resposta→Diferència de les Tempreatures):

> anova(lm(taula$DifT~as.factor(taula$Fconv)))

Analysis of Variance Table

Response: taula$DifT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
as.factor(taula$Fconv)	2	50.8	25.4000	40.105	4.857e-06 ***
Residuals	12	7.6	0.6333		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

##

Càlcul de les ANOVA's (Variable Resposta→Temps de conversió):

> anova(lm(taula$Temps~as.factor(taula$Fconv)))

Analysis of Variance Table

Response: taula$Temps

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
as.factor(taula$Fconv)	2	5524.1	2762.06	34.433	1.068e-05 ***
Residuals	12	962.6	80.22		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

##

Càlcul dels intervals de confiança per estimar les mitjanes dels increments de temperatura:

```
> QMR <- 0.6333

> mitjana_difT_avi - qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)

> mitjana_difT_avi + qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)


> mitjana_difT_mpeg4 - qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)

> mitjana_difT_mpeg4 + qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)


> mitjana_difT_divx - qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)

> mitjana_difT_divx + qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)
```

##

Càlcul dels intervals de confiança per estimar les mitjanes dels temps de conversió:

```
> QMR <-  80.22

> mitjana_Temps_avi  - qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)

> mitjana_Temps_avi + qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)


> mitjana_Temps_mpeg4 - qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)

> mitjana_Temps_mpeg4 + qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)


> mitjana_Temps_divx - qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)

> mitjana_Temps_divx + qt(0.975, 12)*sqrt(QMR/15)
```

##

Gràfic Temps vs Temperatura amb llegenda:

```
> plot(dades$Temps,dades$DifT, ylab= "Increment de temperatura", xlab= "Temps de
conversió")

> points(dades$Temps[dades$Fconv == 3], dades$DifT[dades$Fconv == 3], pch = 19, col =
"green", bg="green")

> points(dades$Temps[dades$Fconv == 2], dades$DifT[dades$Fconv == 2], pch = 25, col =
"blue", bg="blue")
```

```
> points(dades$Temps[dades$Fconv == 1], dades$DifT[dades$Fconv == 1], pch = 25, col =
"red", bg="red")

> legend(105,21.5,c("AVI","DivX","MPEG4"), c("red","blue","green"), lty=1 )

#Gràfic increment de temperature vs Factor grups (format de vídeo):

> stripchart(dades$DifT ~ dades$Fconv, vertical = TRUE, ylab = "Increment de temperatura",
pch = 19, col = c("red","green","blue"))

# Gràfic Temps de conversió vsFfactor grups (format de vídeo):

> stripchart(dades$Temps ~ dades$Fconv, vertical = TRUE, ylab = "Temps de conversió", pch =
19, col = c("red","green","blue"))


################################ FI SCRIPT ######################################
```

Annex II: Validació de les premisses

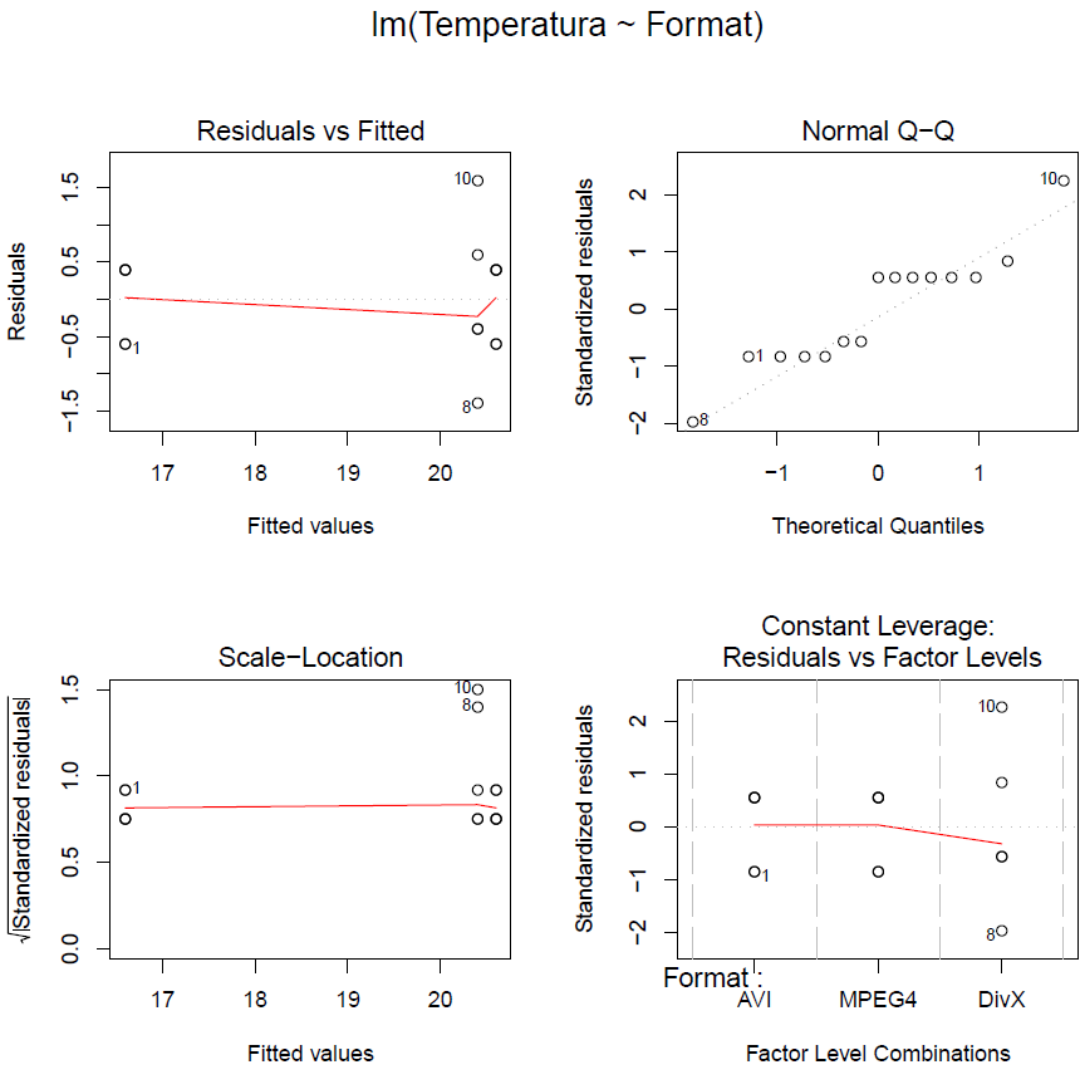


Figura 2.1: QQ-plot dels residus i Residus estandaritzats del temps de conversió

Podem justificar la normalitat dels residus dels temps de conversió ja que s'ajusten força bé als quantils teòrics de la distribució Normal (Figura 2.1). Pel que fa a la homoscedasticitat (Figura 2.1) no veiem que la variabilitat canvii massa entre els diferents grups, cosa que ens permet acceptar que la variabilitat sigui constant en els tres grups.

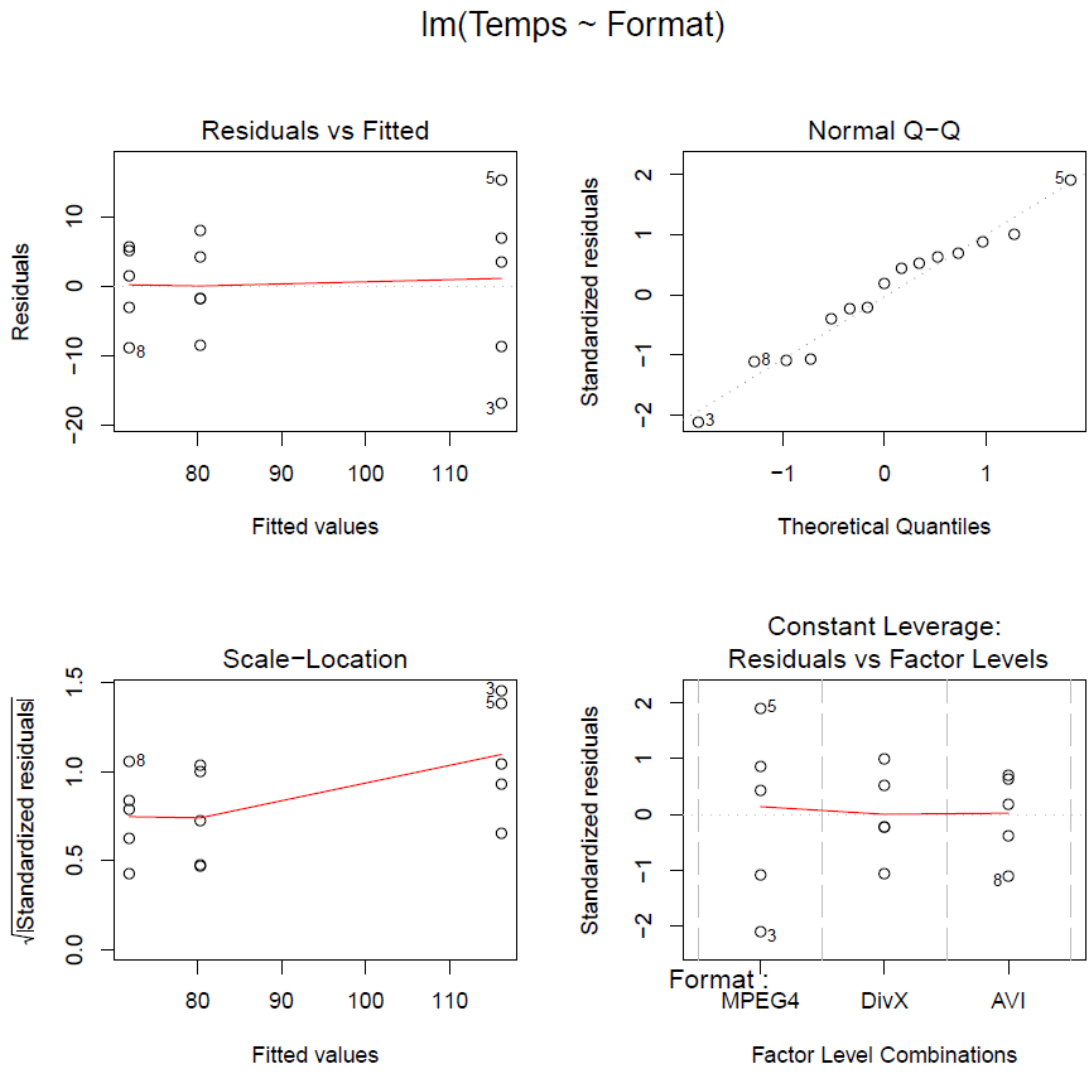


Figura 2.2: QQ-plot dels residus i Residus estandaritzats de l'increment de temperatura

Avaluant les premisses pel que fa a l'increment de temperatura, podem veure que la normalitat dels residus (Figura 2.2) té una representació escalonada, donada la poca precisió que té la variable increment de temperatura (recordem que es van mesurar en unitats de ºC, sense decimals). Els residus presenten una variància més o menys regular (Figura 2.2), tot i les poques dades que hi ha i que moltes estan repetides.